

С. А. Бирюков

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА МОП-ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Издательство «Радио и связь»

СОДЕРЖАНИЕ



Основана в 1947 году
Выпуск 1220

С.А.Бирюков

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА МОП-ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

2-е издание,
переработанное и дополненное



Москва
«Радио и связь»
1996

ББК 32.85
Б 64
УДК 621.3.049.774.2.004.14:64

Бирюков С.А.

Б64 Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1996. — 192 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1220).
ISBN 5-256-01264-9.

Рассмотрены принципы использования интегральных микросхем серий К176, К561, КР1561 и 564, приведены описания формирователей и генераторов импульсов, квазисенсорных переключателей, измерительных устройств - цифрового частотомера, цифровых мультиметров на микросхемах КР572ПВ2А и КР572ПВ5, шифраторов и дешифраторов систем телеуправления, радиоуправляемой кибернетической игрушки, различных устройств автомобильной электроники.

Настоящее издание (первое вышло в 1990 г.) дополнено описанием новых серий КР1561 и 564. Почти полностью обновлены предлагаемые конструкции.

Для широкого круга радиолюбителей.

Б $\frac{2302030700-012}{046(01)-96}$ Без объявл. ББК 32.85

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1220

БИРЮКОВ Сергей Алексеевич

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА МОП-ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Редактор И.Н. Суслова
Художественное, техническое редактирование и компьютерная верстка Л.А. Горшковой
Корректор Г.Г. Казакова

ИБ № 2677

ЛР № 010164 от 04.01.92

Подписано в печать с оригинал-макета 22.04.96. Формат 60х88/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл.печ.л. 11.76. Уч.-изд.л. 14,0. Усл.кр.-отт. 12,13. Тираж 7 000 экз. Изд № 23942 Зак. № 2680 С-012

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат Комитета Российской Федерации по печати. 142300, г. Чехов Московской обл.

ISBN 5-256-01264-9

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое внедрение цифровой техники в радиолюбительское творчество связано с появлением интегральных микросхем. Цифровые устройства, собранные на дискретных транзисторах и диодах, имели значительные габаритные размеры и массу, ненадежно работали из-за большого числа применяемых элементов, и особенно паяных соединений. Интегральные микросхемы, содержащие в своем составе десятки, сотни, тысячи, а в последнее время многие десятки и сотни тысяч и даже миллионы компонентов, позволили по-новому подойти к проектированию и изготовлению цифровых устройств. Надежность отдельной микросхемы мало зависит от числа элементов и близка к надежности одиночного транзистора, а потребляемая мощность в пересчете на отдельный компонент резко уменьшается по мере повышения степени интеграции.

В результате на интегральных микросхемах стало возможным собирать сложнейшие устройства, изготовить которые в радиолюбительских условиях без применения микросхем было бы совершенно нереально.

Широкое распространение получили микросхемы серий ТТЛ — К155, К555, КР1533, КР531, однако они потребляют довольно большую мощность. Во многих случаях их можно заменить микросхемами структуры КМОП, практически не потребляющими мощности в статическом режиме. Разработке цифровых устройств радиолюбителями на КМОП-микросхемах мешает отсутствие систематического изложения вопросов их практического использования в радиолюбительской литературе. Имеющиеся книги научного характера часто подходят к вопросам проектирования цифровых устройств с теоретических позиций без учета особенностей конкретных серий, а описание правил использования конкретных микросхем разбросано по специальным изданиям, руководящим техническим материалам и стандартам, недоступным широкому кругу радиолюбителей. Автором сделана попытка восполнить этот пробел.

В своей основе книга содержит опыт автора по изучению и применению интегральных КМОП-микросхем серий К176, К561, КР1561 и 564, частично нашедший отражение в статьях, опубликованных в журнале "Радио" в 1984—1994 гг. В книге приведены как общие вопросы применения комбинационных (элементы И—НЕ, ИЛИ—НЕ, НЕ, И, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры) и последовательностных (триггеры, счетчики, сдвигающие регистры) микросхем серий КМОП, так и описания практических конструкций с их применением. Описания конструкций достаточно детализированы, содержат временные диаграммы, указания по настройке, чертежи печатных плат.

По сравнению с первым изданием существенно дополнен перечень описываемых микросхем, в том числе приведено описание серий КР1561 и 564, почти полностью обновлены описываемые конструкции.

1. ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ КМОП-СЕРИЙ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Отечественная промышленность выпускает обширную номенклатуру интегральных микросхем. Широкое применение в устройствах автоматики и вычислительной техники находят цифровые ТТЛ-микросхемы серий К155, К555, КР1533, КР531. Эти микросхемы обеспечивают построение самых различных цифровых устройств, работающих на частотах до 50 МГц, однако их существенным недостатком является большая потребляемая мощность. В ряде случаев, когда не нужно такое высокое быстродействие, а необходима минимальная потребляемая мощность, применяют интегральные микросхемы серий К176, К561, КР1561 и 564.

Микросхемы этих серий изготовляют по технологии комплементарных транзисторов структуры металл—диэлектрик—полупроводник (КМДП). Ранее в качестве диэлектрика использовали исключительно окисел кремния, поэтому сокращенным обозначением структуры этих микросхем было КМОП, оно и используется в этой книге.

Основной особенностью микросхем КМОП является ничтожное потребление тока в статическом режиме (0,1...100 мкА). При работе на максимальной рабочей частоте 1...8 МГц потребляемая мощность увеличивается и приближается к потребляемой мощности наименее мощных ТТЛ-микросхем.

Рассмотрим внутреннюю структуру микросхем КМОП на примере двухвходового логического элемента ИЛИ—НЕ, схема которого приведена на рис.1. Основу этого элемента составляют два транзистора структуры МОП с индуцированным каналом p-типа (VT1 и VT2) и два транзистора с каналом n-типа (VT3 и VT4). Резисторы и диоды являются вспомогательными и в нормальной работе элемента участия не принимают.

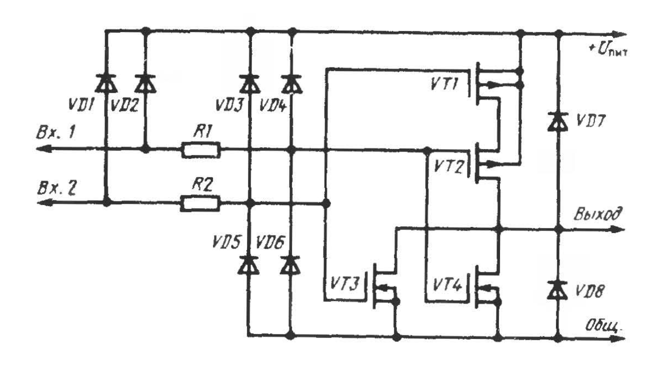


Рис.1. Принципиальная схема элемента ИЛИ—НЕ

При подаче на оба входа напряжения, близкого к нулю (лог.0), транзисторы VT3 и VT4 закрыты, транзисторы VT1 и VT2 открыты и соединяют выход элемента с источником питания. На выходе элемента напряжение близко к напряжению источника питания (лог.1). Если на один из входов, например вход 1, подать лог.1, транзистор VT2 закроется, транзистор VT4 откроется и соединит выход элемента с общим проводом, на выходе элемента появится лог.0. Такой же результат будет при подаче лог.1 на вход 2 или при подаче лог.1 на оба входа одновременно.

Таким образом, изображенный на схеме рис. 1 элемент выполняет функцию ИЛИ—НЕ на два входа. Для увеличения числа входов элемента увеличивают число последовательно соединенных транзисторов с каналом p-типа и параллельно соединенных транзисторов с каналом n-типа.

Для построения элементов с функцией И—НЕ транзисторы с каналом p-типа соединяют параллельно, с каналом n-типа — последовательно.

На рис. 2 приведена статическая переключательная характеристика инвертирующего КМОП-элемента — зависимость его выходного напряжения от входного. Как видно из графика, переключение элемента происходит при входном напряжении, близком к половине напряжения питания.

Диоды VD7 и VD8 (рис. 1) являются неотъемлемой частью МОП-транзисторов. Диоды VD1—VD6 и резисторы R1 и R2 специально вводят в состав элемента для защиты МОП-транзисторов от статического электричества. При превышении входным напряжением напряжения источника питания открываются диоды VD1—VD4, что исключает подачу на затворы транзисторов напряжения, превышающего напряжение питания. При снижении входного напряжения до уровня более низкого, чем потенциал общего провода, открываются диоды VD5 и VD6. В микросхемах серии К176 первых выпусков для защиты входов использовали диоды-стабилитроны с напряжением включения около 30 В, установленные вместо VD5 и VD6.

Микросхемы серий К176, К561, КР1561 выпускают в пластмассовых корпусах с двухрядным расположением 14-, 16- или 24-штыревых выводов, а микросхемы серии 564 — в корпусах с тем же числом выводов, расположенных в одной плоскости, — в планарных корпусах. Номинальное напряжение питания микросхем серии К176 составляет 9 В ± 5 %. Микросхемы, как правило, сохраняют работоспособность в диапазоне пи-

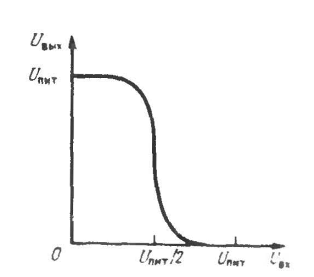


Рис. 2. Статическая переключательная характеристика КМОП-инвертора

тающих напряжений 5...12 В. Для микросхем серий К561 и 564 гарантируется работоспособность при напряжении питания в пределах 3...15 В, для КР1561 — 3...18 В. Диапазон рабочих температур микросхем серии К176 составляет −10...+70°С, серий К561 и КР1561 — 45...+85°С, серии 564 −60...+125°С.

Выходные уровни напряжений микросхем при работе на однотипные микросхемы практически не отличаются от напряжения питания и потенциала общего провода. Максимальный выходной ток большинства микросхем серий К176, К561 и 564 не стандартизирован и не превышает единиц миллиампер, что несколько затрудняет непосредственное согласование микросхем этих серий с какими-либо индикаторами и микросхемами ТТЛ-серий.

Отличительной особенностью микросхем серии КР1561 является наличие буферных элементов не только на выходах сложных элементов, как в микросхемах серий К176, К561 и 564, но и на входах и выходах всех микросхем независимо от их сложности. Кроме того, в микросхемах серии КР1561 улучшена защита от перегрузок как по входу, так и по выходу, в выходные цепи добавлены небольшие токоограничительные резисторы.

Стандартные статические нагрузочные характеристики микросхем серии КР1561 следующие. При лог.0 на выходе и выходном напряжении 0,4, 0,5, 1,5 В выходной втекающий ток будет не менее 0,44, 1,1, 3 мА при напряжении питания 5, 10, 15 В соответственно. Те же нормы существуют и для вытекающих токов в состоянии лог.1 при выходном напряжении 4,6, 9,5, 13,5 В. Кроме того, гарантируется, что при напряжении питания 5 В, выходном напряжении 2,5 В выходной вытекающий ток при лог.1 составляет не менее 1,36 мА.

Реально выходные токи микросхем серии КР1561 значительно больше. При лог.0 на выходе и выходном напряжении 0,5 В выходной ток составляет примерно 3...5, 5...10, 6...15 мА при напряжении питания 5, 10, 15 В. Аналогично вытекающий ток в состоянии лог.1 при выходном напряжении, на 0,5 В меньшем напряжения питания, при тех же напряжениях питания равен примерно 1,2...1,5, 2...3, 3...4 мА.

При напряжении на выходе 1 В в состоянии лог.0 выходной втекающий ток составляет 6...10, 10...20, 12...25 мА при указанных выше напряжениях питания, при напряжении, на 1 В меньшем напряжения питания, в состоянии лог.1 вытекающий ток равен 2...3, 4...5, 5...7 мА соответственно.

Ток короткого замыкания при напряжении 5 В составляет около 10 мА в состоянии лог.0 и около 6 мА в состоянии лог.1, что позволяет подключать практически любые светодиоды к выходам микросхем этой серии без ограничительных резисторов. При напряжении питания 10 или 15 В ток короткого замыкания может достигать 20...60 мА, поэтому включение ограничительных резисторов необходимо.

Выходной ток 0,44 мА в состоянии лог.0 при напряжении на выходе 0,5 и напряжении питания 5 В гарантирует нормальную работу микросхем серии КР1561 на один вход микросхем серии К555. Поскольку, как указывалось выше, реальный выходной ток в этих условиях больше, микросхемы серии КР1561 можно нагружать на несколько входов микросхем серии К555 или на один вход микросхемы серии К155.

Напряжение питания на микросхемы рассматриваемых серий подается на вывод с наибольшим номером, общий провод подключается к выводу с вдвое меньшим номером. Исключение составляют микросхемы К561ПУ4 и КР1561ПУ4, а также микросхемы, требующие для работы два источника питания. Все исключения отмечены далее при описании конкретных микросхем.

При использовании микросхем следует помнить, что защита диодами входов микросхем от статического электричества не является полной. Поэтому при монтаже устройств с микросхемами КМОП необходимо соблюдать следующие правила.

Для исключения случайного пробоя за счет статического электричества потенциалы монтируемой платы, паяльника и тела монтажника должны быть уравнены. Для этого на ручку паяльника можно намотать несколько витков неизолированного провода или укрепить металлическую пластинку и соединить через резистор 100...200 кОм с металлическими частями паяльника. При этом обмотка паяльника не должна иметь контакта с его жалом. При монтаже свободной рукой следует касаться шин питания монтируемой платы. Если микросхема лежит в металлической коробке или ее выводы упакованы в фольгу, прежде чем взять микросхему, необходимо дотронуться до коробки или фольги. При передаче микросхемы из рук в руки следует уравнять потенциалы участвующих в этом, дотронувшись друг до друга до момента передачи.

Применение КМОП-микросхем имеет свои особенности. Ни один из входов микросхем не может быть оставлен неподключенным, даже если логический элемент в микросхеме не использован. Свободные входы элементов должны быть или соединены с используемыми входами того же элемента, или подключены к шине питания или к общему проводу в соответствии с логикой работы микросхемы. Напряжение источника питания должно подаваться ранее или одновременно с входными сигналами.

В любом устройстве, собранном на микросхемах структуры КМОП, рекомендуется перед первым включением прозвонкой проверить подачу напряжения питания на все выводы питания и те выводы микросхем, на которые напряжение питания подается в соответствии с принципиальной схемой. Дело в том, что микросхема КМОП из-за наличия входных защитных диодов может работать без подачи напряжения на вывод питания, если хотя бы на один из входов микросхемы подано напряжение питания или лог.1. По той же причине аналогичным образом следует проверить цепь общего провода.

В табл. 1 приведены обозначения большинства микросхем рассматриваемых серий, число выводов корпуса, предельная частота работы некоторых микросхем, а также номер рисунка книги, где дано графическое обозначение микросхемы. Для микросхем серии К176 предельная частота приведена для напряжения 9 В, для серий К561 и 564 — для 5 и 10 В, для серии КР1561 — для 5, 10, и 15 В.

Логика работы микросхем с одинаковыми буквенно-цифровыми обозначениями у серий К176, К561, КР1561 и 564 полностью совпа-

Таблица 1

Обозначение микросхемы	Функциональное назначение	Число выводов корпуса	Предельная частота, МГц, при Uпит, В			Номер рисунка
			5	9/10	15	
КР1561АГ	2 ждущих мультивибратора	16	—	—	—	131
К176ИД1, К561ИД1	Дешифратор 4—10 с прямыми выходами	16	—	—	—	88
К176ИД2	Преобразователи двоично-десятичного кода в код семисег-	16	—	—	—	91
К176ИД3	ментного индикатора	16	—	—	—	91
564ИД4	Преобразователи двоично-десятичного кода в код семисег-	16	—	—	—	91
564ИД5	ментного индикатора	16	—	—	—	91
КР1561ИД6	2 дешифратора 2—4 с прямыми выходами	16	—	—	—	94
КР1561ИД7	2 дешифратора 2—4 с инверсными выходами	16	—	—	—	94
К176ИЕ1	Шестиразрядный двоичный счетчик	14	—	1	—	14
К176ИЕ2	Пятиразрядный двоичный и десятичный счетчик	16	—	2	—	15
К176ИЕ3	Счетчик-делитель на 6 с выходом на семисегментный индикатор	14	—	1	—	18
К176ИЕ4	Декада с выходом на семисегментный индикатор	14	—	1	—	18
К176ИЕ5	Кварцевый генератор и делитель частоты на 32768	14	—	—	—	26
К176ИЕ8,	Десятичный счетчик	16	—	2	—	27
К561ИЕ8	с дешифратором		1	3	—	
К561ИЕ9	Двоичный счетчик с дешифратором	16	1	3	—	29
К561ИЕ10,	2 четырехразрядных двоичных счетчика	16	—	4	—	37
КР1561ИЕ10			1,5	3	4	
К561ИЕ11	Четырехразрядный двоичный реверсивный счетчик	16	—	5	—	42
К176ИЕ12	Кварцевый генератор и делители частоты на 32768 и 60	16	—	1,2	—	45
К176ИЕ13	Счетчик для часов с будильником	16	—	1,2	—	47
К561ИЕ14	Четырехразрядный десятичный реверсивный счетчик	16	1,5	3	—	52
КА561ИЕ15А,	Делитель частоты с переключаемым коэффициентом деле-	24	0,75	1,5	—	54
КА561ИЕ15Б	ния		0,4	0,75	—	
К561ИЕ16	14-разрядный двоичный счетчик	16	1,5	4	—	56
К176ИЕ17	Счетчик-календарь	16	—	—	—	61
К176ИЕ18	Кварцевый генератор и делители частоты на 32768 и 60	16	1	1	—	63
К561ИЕ19	Счетчик с переключаемым коэффициентом деления	16	0,6	1,8	—	64
КР1561ИЕ20	12-разрядный двоичный счетчик	16	—	—	—	68
КР1561ИЕ21	Четырехразрядный двоичный синхронный счетчик	16	—	—	—	69
К561ИК1	3 мажоритарно-мультиплексорных элемента	16	—	—	—	124
564ИК2	Устройство управления пятиразрядным индикатором	24	—	—	—	97
К176ИМ1, К561ИМ1	Четырехразрядный двоичный сумматор	16	—	—	—	106
564ИР1	18-разрядный сдвигающий регистр	14	1,5	3	—	75
К176ИР2	2 четырехразрядных сдвигающих регистра	16	—	2	—	75
К561ИР2			—	4,5	—	
К176ИР3	Четырехразрядный сдвигающий регистр	14	—	2	—	75
К561ИР6	Восьмиразрядный сдвигающий регистр (Z)	24	—	—	—	75
К561ИР9	Четырехразрядный сдвигающий регистр	16	—	—	—	75
К176ИР10	18-разрядный сдвигающий регистр	14	—	2	—	75
564ИР13	Регистр последовательного приближения	24	2	5	—	78
КР1561ИР14	Четырехразрядный регистр хранения информации (Z)	16	1,8	3,6	4,8	75
КР1561ИР15	Четырехразрядный реверсивный сдвигающий регистр	16	—	—	—	75
К561ИП2	Элемент сравнения четырехразрядных чисел	16	—	—	—	107
К561КП1, КР1561КП1	2 мультиплексора 4—1	16	—	—	—	112
К561КП2, КР1561КП2	Мультиплексор 8—1	16	—	—	—	120
К176КТ1	4 ключа	14	—	—	—	111
К561КТ3, КР1561КТ3	4 ключа	14	—	—	—	111
К176ЛА7, К561ЛА7	4 х 2И—НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛА8, К561ЛА8	2 х 4И—НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛА9, К561ЛА9, КР1561ЛА9	3 х 3И—НЕ	14	—	—	—	3
564ЛА10	2 элемента 2И—НЕ (ОС)	14	—	—	—	3
К176ЛЕ5, К561ЛЕ5, КР1561ЛЕ5	4 х 2ИЛИ—НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛЕ6, К561ЛЕ6, КР1561ЛЕ6	3 х 4ИЛИ—НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛЕ10, К561ЛЕ10, КР1561ЛЕ10	3 х 3ИЛИ—НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛИ1	9И + НЕ	14	—	—	—	3
КР1561ЛИ2	4 х 2И	14	—	—	—	3
К561ЛН1	6 х НЕ (Z)	16	—	—	—	7

Окончание табл. 1

Обозначение микросхемы	Функциональное назначение	Число выводов корпуса	Предельная частота, МГц, при Uпит, В			Номер рисунка
			5	9/10	15	
К561ЛН2	6 x НЕ	14	—	—	—	7
К561ЛН3	6 повторителей (Z)	16	—	—	—	7
К176ЛП1	6 транзисторов	14	—	—	—	127
К176ЛП2, К561ЛП2	4 x ИЛИ с исключением	14	—	—	—	84
К176ЛП4	2 x 3ИЛИ—НЕ + НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛП11	2 x 4ИЛИ—НЕ + НЕ	14	—	—	—	3
К176ЛП12	2 x 4И—НЕ + НЕ	14	—	—	—	3
К561ЛП13	3 мажоритарных элемента	14	—	—	—	123
КР1561ЛП14	4 x ИЛИ с исключением	14	—	—	—	84
К176ЛС1	3 мультиплексора 2 — 1	14	—	—	—	109
К561ЛС2	4 x И—ИЛИ	16	—	—	—	110
К176ПУ1	5 преобразователей уровня КМОП—ТТЛ с инверсией	14	—	—	—	6
К176ПУ2	6 преобразователей уровня КМОП—ТТЛ с инверсией	16	—	—	—	6
К176ПУ3	6 преобразователей уровня КМОП—ТТЛ	16	—	—	—	6
К176ПУ4, КР1561ПУ4	6 преобразователей уровня КМОП—ТТЛ	16	—	—	—	6
К176ПУ5	4 преобразователя уровня ТТЛ—КМОП	16	—	—	—	6
564ПУ6	4 преобразователя уровня ТТЛ—КМОП (Z)	16	—	—	—	6
К561ПУ7	6 преобразователей уровня ТТЛ—КМОП с инверсией	14	—	—	—	6
К561ПУ8	6 преобразователей уровня ТТЛ—КМОП	14	—	—	—	6
К561СА1	13-входовый сумматор по модулю 2	16	—	—	—	87
К176ТВ1, К561ТВ1, КР1561ТВ1	2 JК-триггера	14	—	2 8	—	11
К561ТЛ1, КР1561ТЛ1	4 триггера Шмитта И—НЕ	14	3,5	8 2	12	5
К176ТМ1	2 D-триггера	14	—	—	—	11
К176ТМ2, К561ТМ2	2 D-триггера	14	—	1 1	—	11
К561ТМ3	4 D-триггера	16	—	4,5	—	10
К561ТР2	4 RS-триггера (Z)	16	—	2	—	8
564УМ1	4 D-триггера с увеличенной амплитудой выходного сигнала	16	—	—	—	10

дает, совпадают реальные электрические параметры у микросхем серий К561 и 564, хотя паспортные нормы у них различны. Поэтому здесь рассмотрены лишь те микросхемы серии 564, которые или отсутствуют в других сериях, или имеют иные буквенно-цифровые обозначения.

Цифровые микросхемы по своим функциям делят на два класса: комбинационные и последовательностные. К первому классу относят микросхемы, не имеющие внутренней памяти, состояние выходов этих микросхем однозначно определяется уровнями входных сигналов в этот момент. Ко второму классу относят микросхемы, состояние выходов которых определяется не только уровнями входных сигналов в данный момент, но из-за наличия внутренней памяти и состоянием микросхемы в предыдущий момент.

Изучение работы микросхем удобно начать с простейших комбинационных микросхем — логических элементов И—НЕ, ИЛИ—НЕ, И, повторителей и инверторов.

1.2. ПРОСТЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ МИКРОСХЕМЫ

На рис. 3 показана цоколевка простых логических микросхем рассматриваемых серий. Микросхемы, имеющие в своем обозначении после указания серии буквенное сочетание ЛА, а также четырехвходовые элементы микросхемы К176ЛП12 выполняют функцию И—НЕ. Микросхемы с сочетанием ЛЕ, а также трех- и четырехвходовые элементы микросхем К176ЛП4 и К176ЛП11 выполняют функцию ИЛИ—НЕ. В состав микросхемы К176ЛИ1 входят девятивходовый элемент И и инвертор, в состав микросхемы КР1561ЛИ2 — четыре двухвходовых элемента И.

Микросхема 564ЛА10 — два логических элемента И—НЕ с открытым стоком (см. рис. 1). Сопротивление выходных транзисторов микросхемы в открытом состоянии достаточно низкое: около 30 Ом при напряжении питания 3 В, 15 Ом при 5 В, 6 Ом при 10 В, 4,5 Ом при 15 В. Допустимый выходной ток определяется рассеиваемой мощностью 100 мВт на выход и составляет 80...150 мА при напряжении питания 5...15 В. Выходное напряжение, которое можно подавать на выходы микросхемы в закрытом состоянии, равно 15 В.

Микросхему можно применять для согласования КМОП-микросхем с ТТЛ-микросхемами, для работы на светодиодные индикаторы, электромагнитные реле и в других случаях, когда нагрузочной способности стандартных КМОП-микросхем недостаточно или требуется коммутация нагрузки от источника с открытым стоком.

Как видно из рис. 3, число входов логических элементов в основном невелико. В тех случаях, когда необходимо иметь элементы с большим числом входов, можно чередовать включение элементов И—НЕ и ИЛИ—НЕ. Для примера на рис. 4,*а* приведена схема восьмивходового элемента И, на рис. 4,*б* — элемента ИЛИ. Элемент совпадения (рис. 4,*в*) выдает на выходе лог.1 в случае, когда на его верхних четырех входах лог.1, на трех нижних — лог.0. Такой элемент можно применять для дешифрации состояний счетчиков и других устройств.

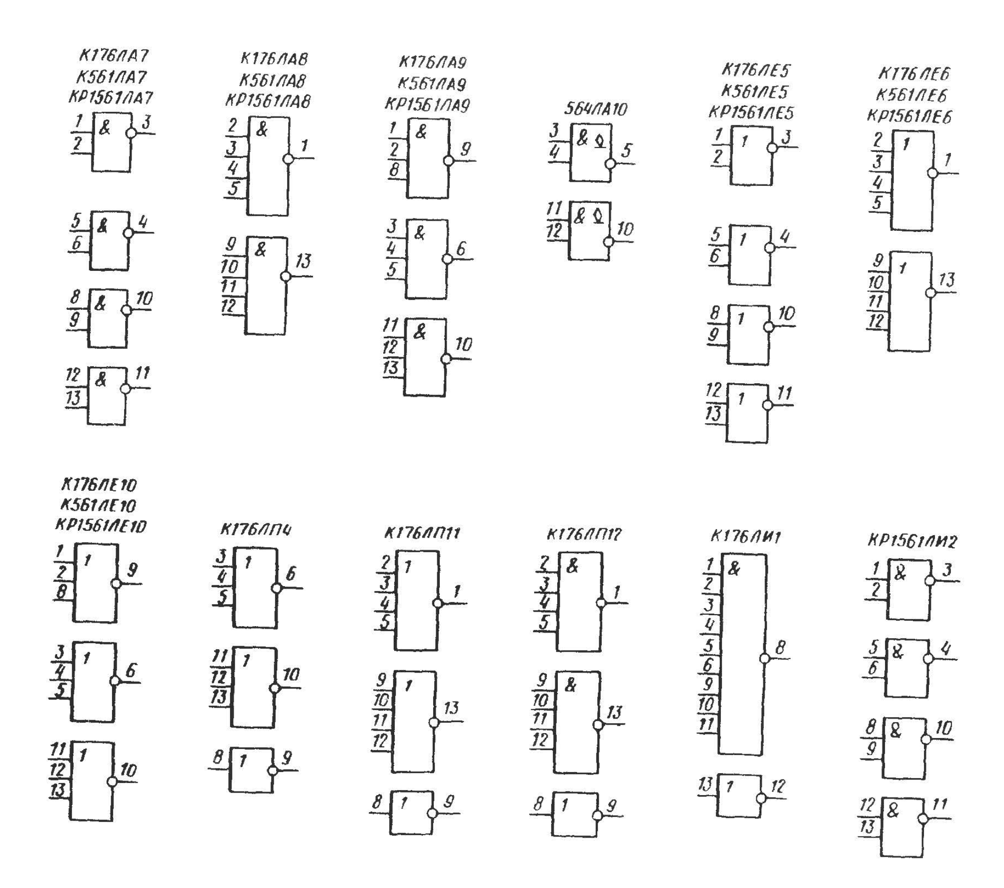


Рис.3. Простые логические микросхемы серий К176, К561, КР1561 и 564

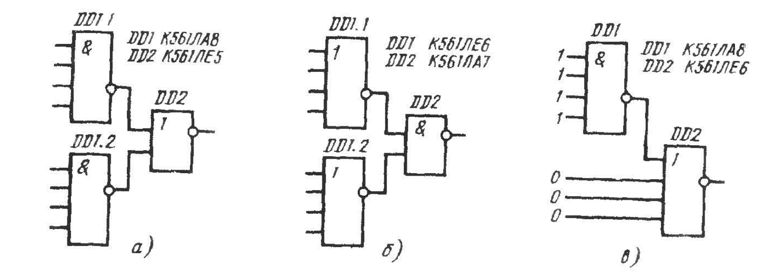


Рис.4. Многовходовые элементы:
а — И; *б* — ИЛИ; *в* — совпадения четырех лог.1 и трех лог.0

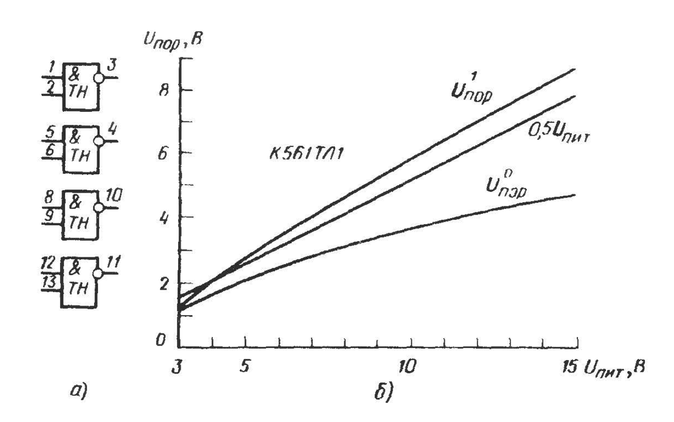


Рис.5. Микросхемы К561ТЛ1 и КР1561ТЛ1 (*а*) и зависимости порогов переключения микросхемы К561ТЛ1 от напряжения питания (*б*)

Микросхемы К561ТЛ1 и КР1561ТЛ1 — четыре двухвходовых триггера Шмитта, выполняющих функцию И—НЕ (рис.5,*а*). Основное свойство инвертирующего триггера Шмитта — скачкообразное изменение выходного напряжения от лог.1 до лог.0 при плавном повышении входного напряжения и переходе величины $U^1_{пор}$ и изменении выходного напряжения от лог.0 до лог.1 при плавном снижении входного сигнала ниже $U^0_{пор}$, причем $U^1_{пор} > U^1_{пор}$. На рис.5,*б* приведены зависимости $U^0_{пор}$ и $U^1_{пор}$ триггеров микросхемы К561ТЛ1 от напряжения питания. Порог $U^1_{пор}$ почти во всем диапазоне напряжений питания выше половины напряжения питания, $U^0_{пор}$ — ниже.

Триггеры Шмитта широко применяют при приеме цифровых сигналов при большом уровне помех, для формирования сигналов с крутыми фронтами из плавно меняющихся сигналов, например из синусоидальных, в генераторах импульсов и в других случаях.

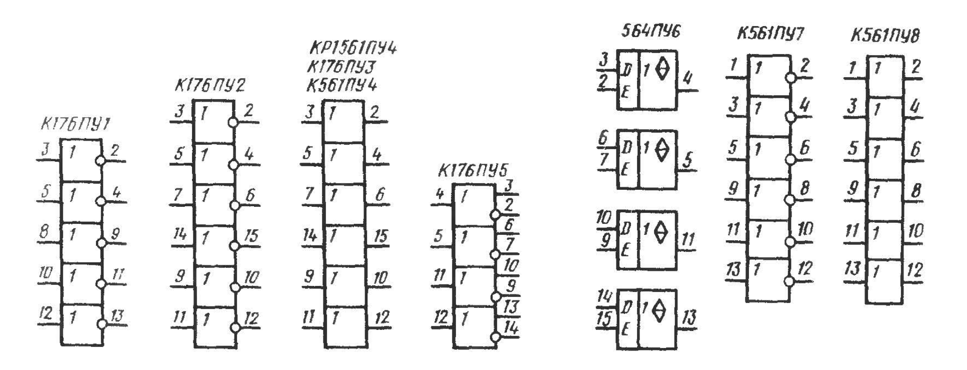


Рис.6. Преобразователи уровня

Микросхемы К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3 (рис.6) служат для согласования относительно маломощных выходов КМОП-микросхем с ТТЛ-микросхемами. Микросхемы К176ПУ1 и К176ПУ2 — инверторы, К176ПУ3 сигналы не инвертирует. Стандартное напряжение питания $U_{пит1}$ = 9 В подается на вывод 14 для К176ПУ1 и на вывод 16 для К176ПУ2 и К176ПУ3, а дополнительное напряжение $U_{пит2}$ = 5 В — на вывод 1 для всех микросхем. При таких напряжениях питания выходные сигналы имеют уровни, соответствующие ТТЛ-микросхемам. Паспортная нагрузочная способность — один логический элемент серии К155. Реальная нагрузочная способность существенно выше — в состоянии лог.0 при напряжении на выходе 0,5 В втекающий ток составляет 6...10 мА, в состоянии лог.1 при напряжении на выходе 2,4 В вытекающий ток равен 3...6 мА. Если выход микросхемы в состоянии лог.0 замкнуть на источник питания +5 В, ток короткого замыкания составит 30...50 мА; при замыкании выхода, находящегося в состоянии лог.1, на общий провод — 6...9 мА. Указанные выходные токи измерены при двух напряжениях питания (9 и 5 В). Для обоих источников питания техническими условиями допускаются напряжения от 5 до 10 В, реально микросхемы работоспособны при напряжениях питания от 4 до 15 В, однако необходимо, чтобы напряжение $U_{пит1}$ было не менее чем $U_{пит2}$. Максимальные выходные токи в первом приближении пропорциональны напряжениям питания.

Микросхемы К561ПУ4 и КР1561ПУ4 (рис.6) аналогичны по своему функционированию микросхеме К176ПУ3, но требуют лишь одного источника питания, который подключается к выводу 1 микросхемы, вывод 16 свободен. При напряжении питания 10 В микросхема К561ПУ4 может обеспечить выходной ток 8 мА в состоянии лог.0 и 1,25 мА в состоянии лог.1. Особенностью этой микросхемы является возможность подачи на ее входы напряжения, большего, чем напряжение питания, что недопустимо для других типов микросхем (кроме К561ЛН2). Эта возможность позволяет использовать микросхемы К561ПУ4 и КР1561ПУ4 для сопряжения КМОП-микросхем, имеющих напряжение питания 5...15 В, с ТТЛ-микросхемами. В этом случае на микросхему К561ПУ4 (КР1561ПУ4) подают напряжение питания 5 В, входы подключают к выходам КМОП-микросхем, выходы — ко входам ТТЛ-микросхем. Нагрузочная способность микросхемы К561ПУ4 для такого включения в состоянии лог.0 составляет 3 мА, что практически позволяет подключать два входа микросхем серии К155.

Нагрузочная способность микросхемы КР1561ПУ4 больше. При выходном напряжении 0,4; 0,5; 1,5 В в состоянии лог.0 гарантированный выходной втекающий ток элементов этой микросхемы не менее 3,2; 8 и 24 мА при напряжении питания 5, 10 и 15 В соответственно. Вытекающий выходной ток в состоянии лог.1 при напряжении на выходе 4,6; 9,5; 13,5 В не менее 0,16; 1,25 и 3,75 при тех же напряжениях питания. Дополнительно гарантируется выходной вытекающий ток не менее 1,25 мА в состоянии лог.1 при напряжении питания 5 и выходном напряжении 2,5 В.

Таким образом, элементы микросхемы КР1561ПУ4 при питании от напряжения 5 В позволяют нагружать их на два входа микросхем серии К155 или восемь входов микросхем серии К555.

Микросхема К176ПУ5 (рис.6) предназначена для согласования выходов микросхем ТТЛ со входами КМОП-микросхем. При напряжении питания 5 В на выводе 15 и 9...10 В на выводе 16 на входы микросхемы можно подавать сигналы с выходов ТТЛ-микросхем, выходные сигналы будут соответствовать уровням КМОП-микросхем.

Микросхема 564ПУ6 (рис.6) — четыре преобразователя уровней ТТЛ в уровни КМОП с индивидуальной возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Микросхема имеет два вывода для подачи питания: вывод 1 для подачи напряжения 5 В (питание ТТЛ-микросхем) и вывод 16 для подачи напряжения питания КМОП-микросхем, оно должно находиться в пределах 5...15 В, вывод 8 — общий провод.

Каждый преобразователь уровня имеет вход E для управления выходом. При лог.1 на этом входе выход преобразователя активен и повторяет входной сигнал, увеличенный по амплитуде до напряжения питания, поданного на вывод 16, при лог.0 на входе E выход переходит в высокоимпедансное состояние.

Микросхемы К561ПУ7 и К561ПУ8 (рис.6) — соответственно шесть инвертирующих и шесть неинвертирующих преобразователей уровней ТТЛ-микросхем в уровни КМОП-микросхем. Принципиальным отличием этих микросхем от микросхем К176ПУ5 и 564ПУ6, выполняющих ту же функцию, является использование одного источника питания. При напряжении питания 10...15 В порог переключения элементов микросхем составляет 1,5...1,8 В, что хорошо согласуется с выходными уровнями микросхем серий ТТЛ. Выходные сигналы микросхем имеют уровни, близкие к напряжению питания и потенциалу общего провода.

Гарантированное значение выходного тока микросхем при напряжении питания 12 В не менее 1,3 мА в состоянии лог.0 и при напряжении на выходе 0,5 В или в состоянии лог.1 и напряжении на выходе 11,5 В, реально выходные токи больше.

Из-за того, что для питания микросхем К561ПУ7 и К561ПУ8 используют один источник питания, при их управлении от ТТЛ-микросхем теряется одно из наиболее интересных и полезных свойств КМОП-микросхем — крайне малое потребление тока от источника питания в статическом режиме. При напряжении питания 12 В и напряжении на входах 0,5 или 3 В ток потребления микросхем К176ПУ7 и К176ПУ8 не превышает 4 мА. В то же время, если входные уровни напряжения соответствуют 0 В или напряжению источника питания, гарантируется, что ток потребления не превышает 20 мкА, реально он значительно меньше.

При напряжении питания 5 В порог переключения микросхем составляет 0,2...0,4 В, что позволяет использовать их в качестве усилителей-ограничителей импульсных сигналов малой амплитуды. Естественно, что микросхемы К561ПУ7 и К561ПУ8 можно применять и в устройствах, целиком выполненных на микросхемах КМОП, в качестве инверторов и буферных повторителей соответственно, но при напряжении питания менее 9 В это делать нецелесообразно из-за снижения помехоустойчивости.

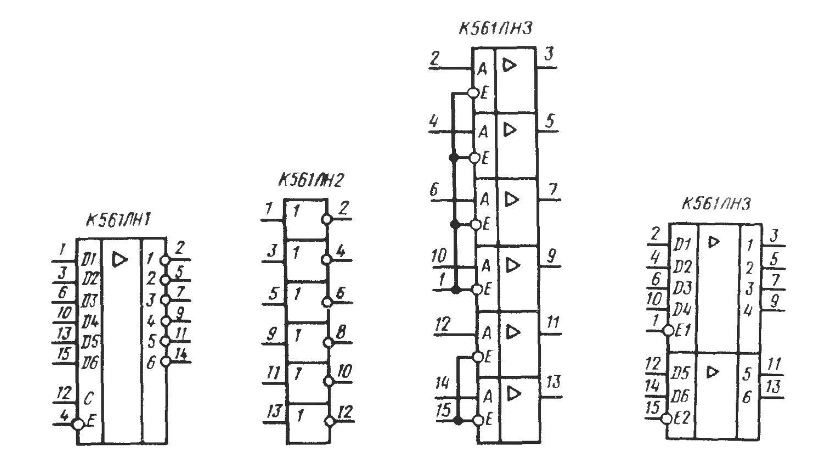


Рис.7. Буферные микросхемы

Микросхема К561ЛН1 (рис.7) — шесть инверторов со стробированием и возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Она имеет шесть информационных входов D1—D6, вход стробирования С, вход переключения в высокоимпедансное состояние Е, шесть выходов. Вход Е является преобладающим — при подаче на него лог.1 все выходы переходят в высокоимпедансное состояние независимо от других входных сигналов. При лог.0 на входе Е и лог.1 на входе С на всех выходах устанавливается лог.0. При лог.0 на обоих управляющих входах Е и С на выходах — инверсия сигналов с информационных входов.

Микросхема К561ЛН1 имеет повышенную по сравнению с другими микросхемами этой серии нагрузочную способность — при напряжении питания 10 В ее выходной ток может достигать 5,3 мА в состоянии лог.0 и 0,5 мА в состоянии лог.1, что позволяет использовать ее при работе на нагрузку с большой емкостью.

Микросхема К561ЛН2 (рис.7) — шесть инверторов с повышенной нагрузочной способностью. Ее электрические параметры аналогичны параметрам микросхемы К561ПУ4, она также позволяет подавать на входы напряжение, большее напряжения питания, и может применяться для согласования КМОП-микросхем с ТТЛ-микросхемами.

Микросхема К561ЛН3 (рис.7) — шесть повторителей сигнала с возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Повторители разбиты на две группы: четыре и два элемента, в каждой группе управляющие входы Е элементов объединены. При подаче на входы Е соответствующей группы лог.0 выходы элементов этой группы активны и повторяют входные сигналы. Если на входы Е подать лог.1, выходы элементов перейдут в высокоимпедансное состояние. На рис.7 приведено также более компактное графическое обозначение микросхемы.

Нагрузочная способность элементов микросхемы К561ЛН3 в активном состоянии весьма высока. Гарантируется, что выходное напряжение в состоянии лог.0 не превышает 0,4; 0,5 и 1,5 В при втекающем токе соответственно 2,3; 6 и 15,2 мА и напряжении питания 5, 10 и 15 В. Аналогично выходное напряжение в состоянии лог.1 составляет не менее 4,6; 9,5 и 13,5 В при выходном вытекающем токе 0,88; 2,2 и 6 мА и указанных выше напряжениях питания. Дополнительно гарантируется, что при напряжении питания 5 В в состоянии лог.1 выходное напряжение превышает 2,5 В при вытекающем токе 4,2 мА.

Реально нагрузочная способность микросхемы больше. При напряжении питания 5 В в состоянии лог.0 выходной втекающий ток может достигать 16 мА при выходном напряжении 0,5 В, в состоянии лог.1 вытекающий ток не менее 3 мА, при выходном напряжении 4 В, что позволяет при необходимости нагружать на каждый выход микросхемы К561ЛН3 до десяти входов микросхем серии К155.

Основное назначение микросхем К561ЛН3 — поочередная подача на одну магистраль сигналов от различных источников, причем благодаря большой нагрузочной способности микросхемы магистраль может иметь большую емкость и большое число подключенных к ней нагрузок и источников сигналов. Эти микросхемы могут найти также широкое применение в качестве буферных элементов, в особенности в микропроцессорных системах.

Изучение работы более сложных микросхем удобно начать с микросхем последовательностного типа.

1.3. МИКРОСХЕМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНОГО ТИПА

Микросхемы последовательностного типа, как уже указывалось, характеризуются наличием памяти. Запись информации в ячейки памяти этих микросхем или изменение содержащейся в них информации производится импульсами. Входы микросхем для подачи импульсов записи могут быть статическими или динамическими. Статические входы характеризуются тем, что импульс, поданный на этот вход, действует в течение всего времени, пока он подан. Как правило, это входы сброса триггеров, счетчиков и регистров, входы, стробирующие предварительную установку.

Для динамических входов характерно срабатывание по фронту, т.е. микросхема чувствительна не к самому импульсу в течение всего времени, пока он подан, а лишь к его фронту или спаду. Точнее, запись (изменение) информации происходит только в моменты смены сигнала на динамическом входе с лог.1 на лог.0 или с лог.0 на лог.1.

В большинстве случаев для динамических входов безразлично, подаются на вход импульсы положительной или отрицательной полярности (здесь и далее под импульсом отрицательной полярности понимается изменение сигнала с лог.1 до лог.0 с последующим изменением с лог.0 до лог.1), запись (изменение) информации происходит при изменении сигнала с лог.1 на лог.0 для одних типов микросхем, с лог.0 до лог.1 — для других типов.

При разработке устройств следует придерживаться правила: все последовательностные микросхемы должны переключаться по спадам тактовых импульсов, поэтому при описании микросхем, имеющих динамические входы, указывается, что они срабатывают по спадам импульсов соответствующей полярности. На схемах включения микросхем для импульсов, подаваемых на динамические входы, стрелками отмечены спады импульсов, по которым происходит срабатывание микросхем, а на графических обозначениях микросхем на их динамических входах штрихом отмечено направление перепада, по которому происходит срабатывание.

Основу последовательностных цифровых структур составляют триггеры различных типов, которые могут использоваться самостоятельно или в составе счетчиков, регистров и т.д.

Триггеры микросхем серий К176, К561, КР1561 и 564 различают по их возможностям. Так называемые JK-триггеры К176ТВ1, К561ТВ1, КР1561ТВ1 и D-триггеры К176ТМ1, К176ТМ2, К561ТМ2 имеют динамические входы и могут работать в счетном режиме, т.е. менять свое состояние на противоположное на каждый импульс, приходящий на счетный вход триггера. Триггеры микросхем К561ТР2, К561ТМ3 и 564УМ1 со статическими входами могут работать только в режимах записи и хранения записываемой в них информации. Рассмотрим более подробно работу микросхем, содержащих триггеры.

Микросхема К561ТР2 (рис.8) — четыре триггера RS-типа с возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Каждый триггер микросхемы имеет входы R и S. Подача лог.1 на вход R устанавливает триггер в состояние 0, подача лог.1 на вход S — в состояние 1. Если лог.1 подать на оба входа R и S, на выходе будет также лог.1.

Особенностью микросхемы является возможность перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Если на выводе 5 (вход Е на рис.8,*б*) лог.1, разрешена подача выходных сигналов триггеров на выходы микросхемы через выходные ключи. Если же на вход Е подать лог.0, выходы триггеров отключатся от выходов микросхемы, выходы микросхемы перейдут в высокоимпедансное состояние. Указанное свойство позволяет объединять выходы нескольких микросхем К561ТР2, сигнал в точках объединения будет определяться той микросхемой, на вход которой подана лог.1, естественно, что на входы Е всех других микросхем должны быть поданы лог.0.

Пример применения микросхем К561ТР2 для подавления дребезга механических контактов и их опроса приведен на рис.9. При подаче лог.1 на вход Е1, лог.0 на вход Е2 в активное состояние переходят выходы микросхемы DD1, выходные сигналы определяются положением контактов S1 — S4. При подаче лог.1 на вход Е2, лог.0 на вход Е1 выходные сигналы определяются контактами S5 — S8. Сигналы на входы Е нескольких микросхем могут подаваться, например, с выходов счетчика с дешифратором, что обеспечивает их последовательный опрос.

Микросхема К561ТМ3 (рис.10) — четыре D-триггера с прямыми и инверсными выходами. Микросхема имеет два общих для всех триггеров равноправных входа стробирования С1 и С2. При одинако-

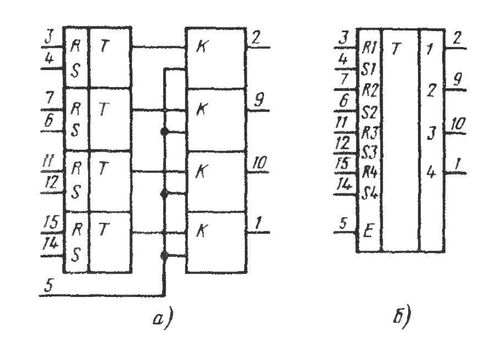


Рис 8 Микросхема К561ТР2:
а — структура; *б* — обозначение

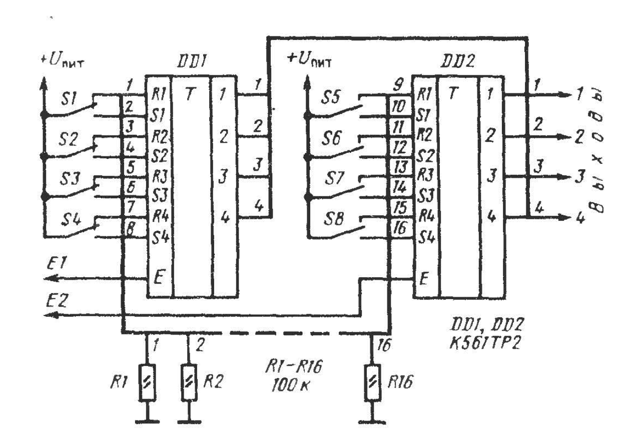


Рис.9. Переключатель с подавлением дребезга контактов

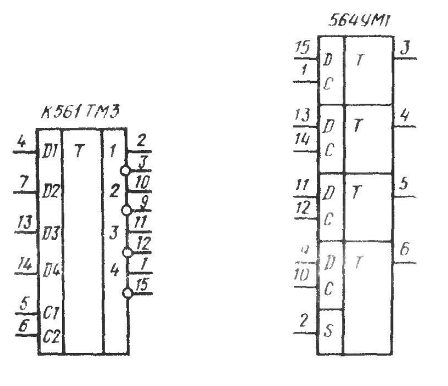


Рис.10. Микросхемы К561ТМ3 и 564УМ1

вых сигналах на обоих входах (на C1 и C2 — лог.0 или лог.1) триггеры повторяют сигналы со входов D на своих прямых выходах (соответственно инвертируют их на инверсных выходах). При подаче разных сигналов на входы C1 и C2 триггеры переходят в режим хранения — на выходах будут те сигналы, которые присутствовали на входах D перед изменением сигнала на входе C1 или C2.

Можно объяснить логику работы входов C1 и C2 по-другому. При лог.1 на входе C2 запись в триггеры микросхемы происходит при подаче лог.1 на вход C1, хранение — при подаче лог.0. Если на вход C2 подать лог.0, запись будет происходить при лог.0 на C1, хранение — при лог.1. Таким образом, сигнал на входе C2 определяет полярность импульсов записи по входу C1. Входы C1 и C2 можно поменять местами — они равноправны.

Микросхема 564УМ1 (рис.10) представляет собой четыре D-триггера с подключенными к их выходам усилителями, позволяющими увеличить амплитуду выходного сигнала. Запись информации в триггеры со входов D производится подачей на их входы C импульсов положительной полярности. Триггеры микросхемы 564УМ1, так же как и микросхемы К561ТМ3, во время записи "прозрачны", и изменение сигналов на входах D проходит на выходы триггеров. Переход триггеров в режим хранения происходит по спаду импульса положительной полярности на входах C.

При лог.0 на входе S выходные сигналы имеют ту же полярность, что и входные, при лог.1 сигналы инвертируются.

Особенностью микросхемы является возможность увеличения амплитуды выходного сигнала по сравнению с входным. Микросхема имеет три вывода для подачи напряжения питания: вывод 16 $U_{пит1}$, вывод 7 $U_{пит2}$, вывод 8 — общий провод. Напряжение $U_{пит1}$ должно быть положительным и находиться в пределах 3...15 В, напряжение $U_{пит2}$ равно нулю или отрицательное, сумма абсолютных величин $U_{пит1}$ и $U_{пит2}$ не должна превышать 15 В. Входные сигналы должны иметь уровни $U_{пит1}$ (лог.1) и 0 В (лог.0), выходные сигналы — значения $U_{пит1}$ и $U_{пит2}$.

Паспортная нагрузочная способность микросхемы при разности напряжений питания между выводами 16 и 7 (далее — при напряжении питания), равной 10 В, в состоянии лог.0 составляет 0,9 мА, в состоянии лог.1 — 0,45 мА. Реальные значения втекающих выходных токов в состоянии лог.0 и при напряжении 1 В между выходом и выводом 7 составляют около 1, 3, 8 и 12 мА при напряжении питания 3, 5, 10 и 15 В соответственно, в состоянии лог.1 и при напряжении 1 В между выходом и выводом 16 вытекающие токи равны 0,8; 1,6; 3 и 4 мА при указанных выше напряжениях питания. Токи короткого замыкания в состоянии лог.0 равны 1,2; 4,5; 20 и 36 мА, в состоянии лог.1 — 1, 3, 12 и 20 мА при тех же напряжениях питания.

Микросхемы К176ТВ1, К561ТВ1 и КР1561ТВ1 содержат по два JK-триггера (рис.11). Каждый триггер имеет вход J, вход K, вход R — установки триггера в 0, вход S — установки в 1 и вход подачи тактовых импульсов C. Установка триггера в нулевое состояние происходит при подаче лог.1 на вход R, установка в единичное — при подаче лог.1 на вход S.

Рис.11. Триггеры со счетным входом

Если на входах J и K лог.1, по каждому спаду импульса отрицательной полярности на тактовом входе C триггер переключается в противоположное состояние. Если на входах J и K лог.0, изменения состояния по импульсам на входе C не происходит. Если перед спадом импульса отрицательной полярности на входе C лог.1 присутствует на входе J, лог.0 — на входе K, по спаду триггер установится в единичное состояние независимо от предыдущего. Если перед спадом на входе J лог.0, на входе K лог.1, по спаду импульса на входе C триггер устанавливается в нулевое состояние. Триггер непосредственно не реагирует на изменение сигналов на входах J и K, играют роль лишь уровни сигналов на этих входах перед спадом импульса отрицательной полярности на входе C.

Микросхемы К176ТМ2 и К561ТМ2 содержат по два D-триггера (рис.11). Установка триггеров в нулевое и единичное состояния производится, как и у JK-триггера, подачей лог.1 на входы R и S. По спадам тактовых импульсов отрицательной полярности на входе C происходит установка триггера в состояние, соответствующее уровню на входе D перед спадом. Триггер непосредственно не реагирует на изменение сигналов на входе D, играет роль лишь сигнал на этом входе перед спадом импульса отрицательной полярности на входе C.

Микросхема К176ТМ1 (рис.11) отличается от К176ТМ2 отсутствием входов S.

При построении счетчиков на описанных выше триггерах К176ТВ1, К176ТМ1, К176ТМ2, К561ТМ2 входы C триггеров следует подключать к инверсным выходам предыдущих триггеров. Состояние полученного таким образом счетчика (число поступивших на его вход импульсов после установки в 0) однозначно определяется состояниями его триггеров. В частности, для счетчика из четырех триггеров состояние может быть определено по формуле

$$q = p_1y_1 + p_2y_2 + p_3y_3 + p_4y_4,$$

где $y_i = 0$ или 1 — состояние i-го триггера (i=1...4, начиная со входа счетчика); $p_i = 2^{(i-1)}$ — вес i-го разряда счетчика. О таких счетчиках говорят, что они работают в весовом коде 1—2—4—8. Счетчик мож-

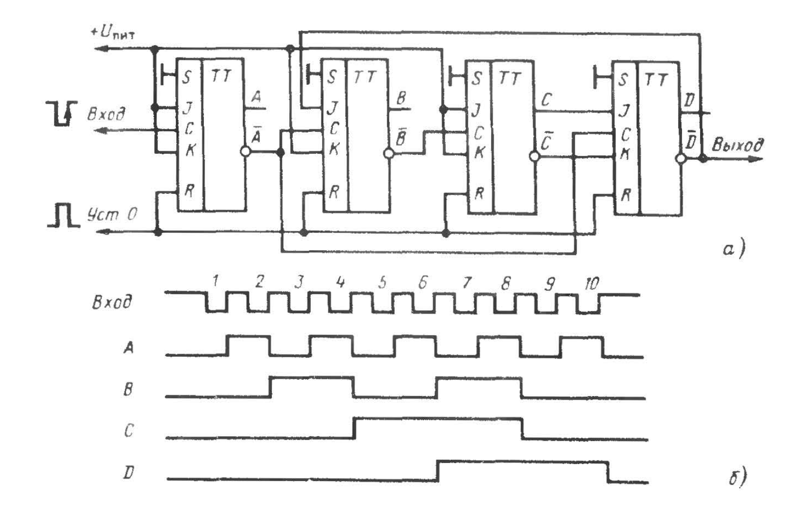


Рис.12. Декада на JK-триггерах (*а*) и временна́я диаграмма ее работы (*б*)

но построить так, что его весовой код будет отличаться от рассмотренного. Существуют также структуры счетчиков, состояние которых не может быть выражено приведенной выше формулой. О таких счетчиках говорят, что они работают в невесовом коде. Их состояния определяют по временным диаграммам или по таблицам переходов. Например, на рис.12,*а* приведена схема декады (десятичного счетчика) на JK-триггерах, на рис. 12,*б* — временна́я диаграмма работы. Схема декады на D-триггерах приведена на рис.13,*а*, временная диаграмма — на рис.13,*б*. Обе декады работают в различных невесовых кодах.

В состав рассматриваемых серий микросхем входит большое число счетчиков различных типов, большинство из которых работает в весовых кодах.

Микросхема К176ИЕ1 (рис.14) — шестиразрядный двоичный счетчик, работающий в коде 1—2—4—8—16—32. Микросхема имеет два входа: вход R — вход установки триггеров счетчика в 0 и вход C — вход для подачи счетных импульсов. Установка в 0 происходит при подаче лог.1 на вход R, переключение триггеров микросхемы — по спаду импульсов положительной полярности, подаваемых на вход C. При построении многоразрядных делителей частоты входы C микросхем следует подключать к выходам 32 предыдущих.

Микросхема К176ИЕ2 (рис.15) — пятиразрядный счетчик, который может работать как двоичный в коде 1—2—4—8—16 при подаче лог.1 на управляющий вход A или как декада с подключенным к выходу декады триггером при лог.1 на входе A. Во втором случае код работы счетчика 1—2—4—8—10, общий коэффициент деления равен 20.

Вход R служит для установки триггеров счетчика в 0 подачей на этот вход лог.1. Первые четыре триггера счетчика могут быть установлены в единичное состояние подачей лог.1 на входы S1 — S8. Входы S1 — S8 являются преобладающими над входом R.

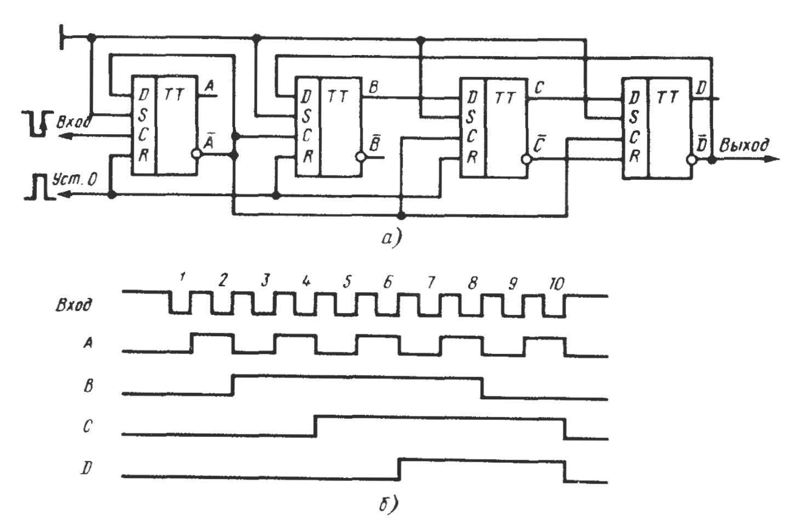


Рис.13. Декада на D-триггерах (*а*) и временна́я диаграмма ее работы (*б*)

Микросхема К176ИЕ2 встречается двух разновидностей. Микросхемы ранних выпусков имеют входы CP и CN для подачи тактовых импульсов положительной и отрицательной полярности соответственно, включенные по ИЛИ. При подаче на вход CP импульсов положительной полярности на входе CN должна быть лог.1, при подаче на вход CN импульсов отрицательной полярности на входе CP должен быть лог.0. В обоих случаях счетчик переключается по спадам импульсов.

Другая разновидность имеет два равноправных входа для подачи тактовых импульсов (выводы 2 и 3), собранных по схеме И. Счет происходит по спадам импульсов положительной полярности, подаваемых на любой из этих входов, причем на второй из этих входов должна быть подана лог.1. Можно подавать импульсы и на объединенные выводы 2 и 3. Исследованные автором микросхемы, выпущенные в феврале и ноябре 1981 г., относятся к первой разновидности, выпущенные в июне 1982 г. и июне 1983 г. — ко второй.

Если на вывод 3 микросхемы К176ИЕ2 подать лог.1, обе разновидности микросхем по входу CP (вывод 2) будут работать одинаково.

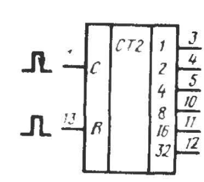


Рис.14. Микросхема К176ИЕ

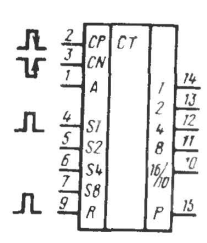


Рис.15. Микросхема К176ИЕ2

При лог.1 на входе А порядок работы триггеров соответствует временной диаграмме, приведенной на рис.16. В этом режиме на выходе Р, представляющем собой выход элемента И — НЕ, входы которого подключены к выходам 1 и 8 счетчика, выделяются импульсы отрицательной полярности, фронты которых совпадают со спадом каждого девятого входного импульса, спады — со спадом каждого десятого.

При соединении микросхем К176ИЕ2 в многоразрядный счетчик входы СР последующих микросхем следует подключать к выходам 8 или 16/10 непосредственно, на входы CN подавать лог.1.

В момент включения напряжения питания триггеры микросхемы К176ИЕ2 могут установиться в произвольное состояние. Если при этом счетчик включен в режим десятичного счета, т.е. на вход А подан лог.0, а это состояние более 11, счетчик "зацикливается" между состояниями 12 — 13 или 14 — 15. При этом на выходе 1 и Р формируются импульсы с частотой, в два раза меньшей частоты входного сигнала. Для того чтобы выйти из такого режима, счетчик необходимо установить в нулевое состояние подачей импульса на вход R. Можно обеспечить надежную работу счетчика в десятичном режиме, соединив вход А с выходом 4. Тогда, оказавшись в состоянии 12 или большем, счетчик переходит в режим двоичного счета и выходит из "запретной зоны", устанавливаясь после состояния 15 в нулевое. В моменты перехода из состояния 9 в состояние 10 на вход А с выхода 4 поступает лог.0 и счетчик обнуляется, работая в режиме десятичного счета.

Для индикации состояния декад, использующих микросхему К176ИЕ2, можно применять газоразрядные индикаторы, управляемые через дешифратор К155ИД1. Для согласования микросхем К155ИД1 и К176ИЕ2 можно использовать микросхемы К176ПУ3 или К561ПУ4 (рис.17,*а*) или p-n-p транзисторы (рис.17,*б*).

Микросхемы К176ИЕ3, К176ИЕ4 (рис.18) и К176ИЕ5 разработаны специально для применения в электронных часах с семисегментными индикаторами. Микросхема К176ИЕ4 (рис.18) — декада с преобразователем кода счетчика в код семисегментного индикатора. Микросхема имеет три входа: вход R (установка триггеров счетчика в 0 происходит при подаче на этот вход лог.1), вход С (переключение триггеров происходит по спаду импульсов положительной полярно-

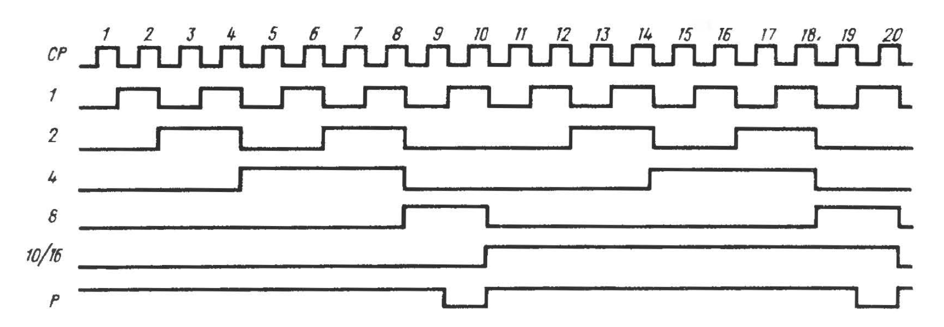


Рис.16. Временная диаграмма работы микросхемы К176ИЕ2

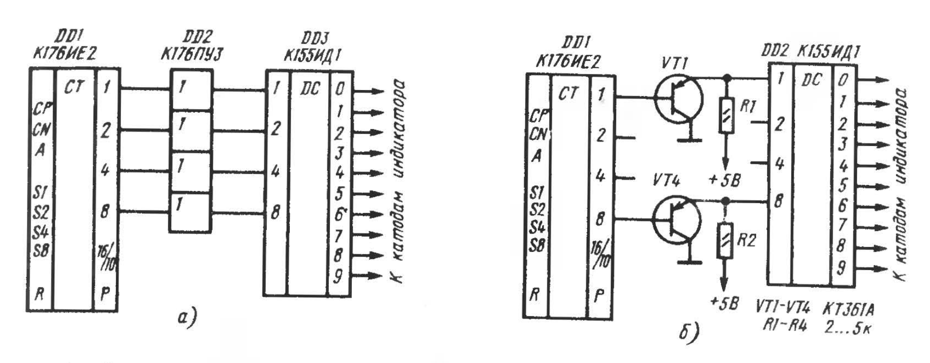


Рис.17. Согласование микросхем К176ИЕ2 и К155ИД1:
а — при помощи микросхемы К176ПУ3; *б* — при помощи p-n-p транзисторов

сти на этом входе), сигнал на входе S управляет полярностью выходных сигналов.

На выходах a, b, c, d, e, f, g — выходные сигналы, обеспечивающие формирование цифр на семисегментном индикаторе, соответствующих состоянию счетчика. При подаче лог.0 на управляющий вход S лог.1 на выходах a—g соответствует включению соответствующего сегмента. Если же на вход S подать лог.1, включению сегментов будет соответствовать лог.0 на выходах a—g. Возможность переключения полярности выходных сигналов существенно расширяет область применения микросхем.

Выход Р микросхемы — выход переноса. Спад импульса положительной полярности на этом выходе формируется в момент перехода счетчика из состояния 9 в состояние 0.

Следует иметь в виду, что разводка выводов a—g в паспорте микросхемы и в некоторых справочниках приведена для нестандартного расположения сегментов индикаторов. На рис.18 дана разводка выводов для стандартного расположения сегментов, показанного на рис.19.

Два варианта подключения к микросхеме К176ИЕ4 вакуумных семисегментных индикаторов при помощи транзисторов приведены на рис.20. Напряжение накала $U_н$ выбирается в соответствии с типом

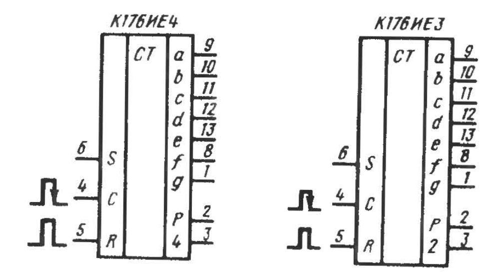


Рис.18. Микросхемы счетчиков с преобразователями кодов

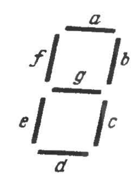


Рис.19. Стандартное обозначение сегментов индикатора

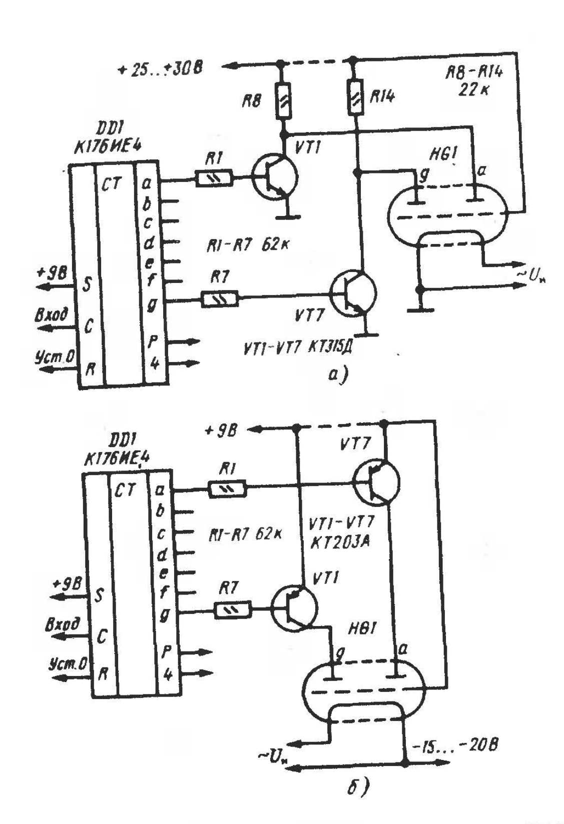


Рис.20. Согласование микросхем К176ИЕ3 и К176ИЕ4 с вакуумными люминесцентными индикаторами:
а — при помощи n-p-n транзисторов; *б* — при помощи p-n-p транзисторов

Рис.21. Согласование при помощи микросхем К168КТ2В

используемого индикатора; подбором напряжения +25...+30 В в схеме рис.20,*а* и −15...−20 В в схеме рис.20,*б* можно в некоторых пределах регулировать яркость свечения сегментов индикатора. Транзисторы в схеме рис.20,*б* могут быть любыми кремниевыми p-n-p с обратным током коллекторного перехода, не превышающим 1 мкА при напряжении 25 В. Если обратный ток транзисторов больше указанного значения или используются германиевые транзисторы, между анодами и одним из выводов нити накала индикатора необходимо включить резисторы 30...60 кОм.

Для согласования микросхемы К176ИЕ4 с вакуумными индикаторами удобно также использовать микросхемы К168КТ2Б или К168КТ2В (рис.21), а также КР168КТ2Б, КР168КТВ, К190КТ1, К190КТ2, К161КН1, К161КН2. Подключение микросхем К161КН1 и К161КН2 показано на рис.22. При использовании инвертирующей микросхемы К161КН1 на вход S микросхемы К176ИЕ4 следует подать лог.1, при использовании неинвертирующей микросхемы К161КН2 — лог.0.

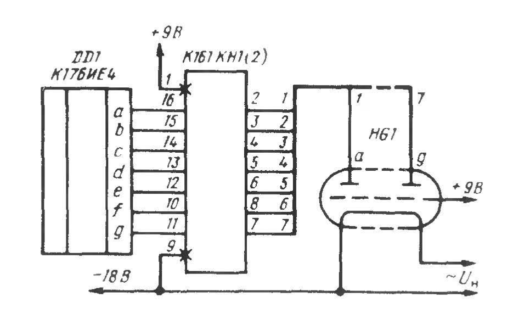
На рис.23 показаны варианты подключения к микросхеме К176ИЕ4 полупроводниковых индикаторов: на рис.23,*а* — с общим катодом, на рис.23,*б* — с общим анодом. Резисторами R1 — R7 устанавливается необходимый ток через сегменты индикатора.

Самые маленькие индикаторы можно подключать к выходам микросхемы непосредственно (рис.23,*в*). Однако из-за большого разброса тока короткого замыкания микросхем, не нормируемого техническими условиями, яркость свечения индикаторов может также иметь большой разброс. Частично его можно компенсировать подбором напряжения питания индикаторов.

Для согласования микросхемы К176ИЕ4 с полупроводниковыми индикаторами с общим анодом можно применять микросхемы К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3, К561ПУ4, КР1561ПУ4, К561ЛН2 (рис.24). При использовании неинвертирующих микросхем на вход S микросхемы следует подать лог.1, при использовании инвертирующих — лог.0.

По схеме рис.23,*б*, исключив резисторы R1—R7, можно подключить и накальные индикаторы, при этом напряжение питания индикаторов необходимо установить примерно на 1 В больше номинального для компенсации падения напряжения на транзисторах. Это напряжение может быть как постоянным, так и пульсирующим, полученным в результате выпрямления без фильтрации.

Рис.22. Согласование при помощи микросхемы К161КН1 или К161КН2



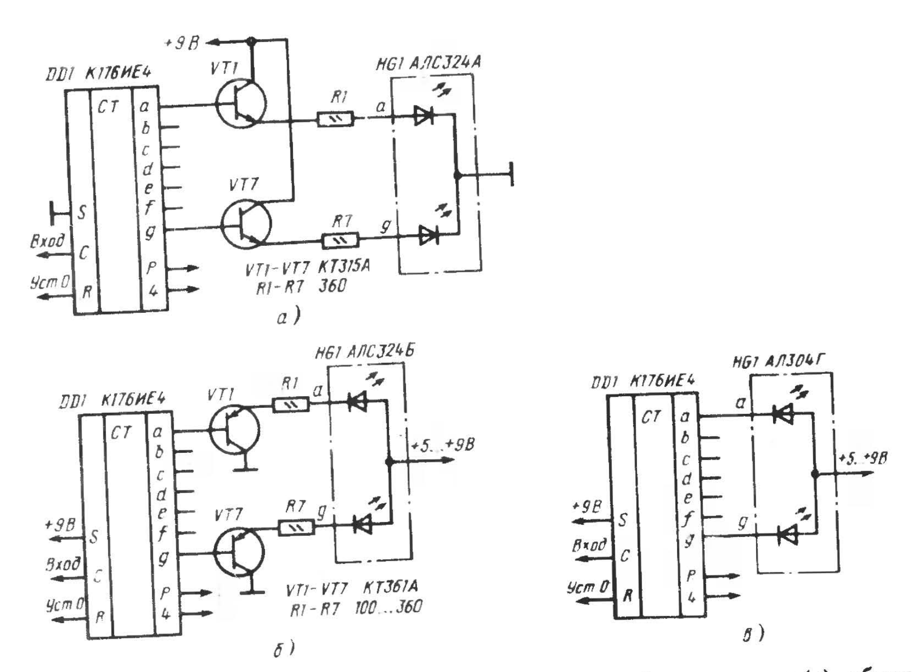


Рис.23. Подключение полупроводниковых индикаторов с общим катодом (*а*), общим анодом (*б*), слаботочных с общим анодом (*в*)

Жидкокристаллические индикаторы не требуют специального согласования, но для их включения необходим источник прямоугольных импульсов с частотой 30...100 Гц и скважностью 2, амплитуда импульсов должна соответствовать напряжению питания микросхем. Импульсы подаются одновременно на вход S микросхемы и на общий электрод индикатора (рис.25). В результате на сегменты, которые необходимо индицировать, относительно общего электрода индика-

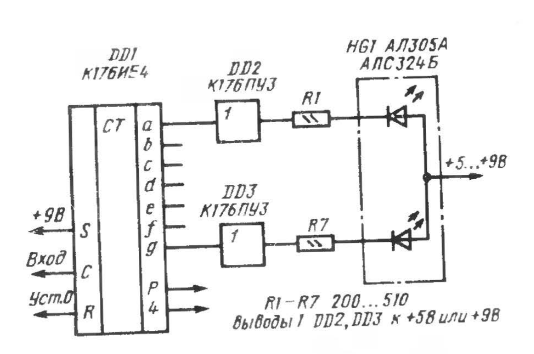


Рис.24. Подключение полупроводниковых индикаторов с общим анодом при помощи микросхемы преобразователя уровней

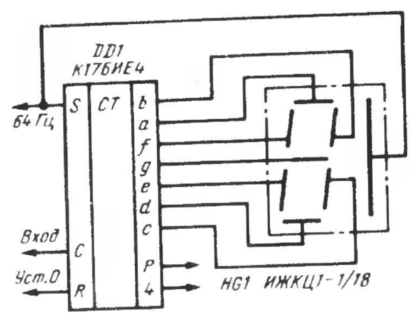


Рис.25. Подключение жидкокристаллического индикатора

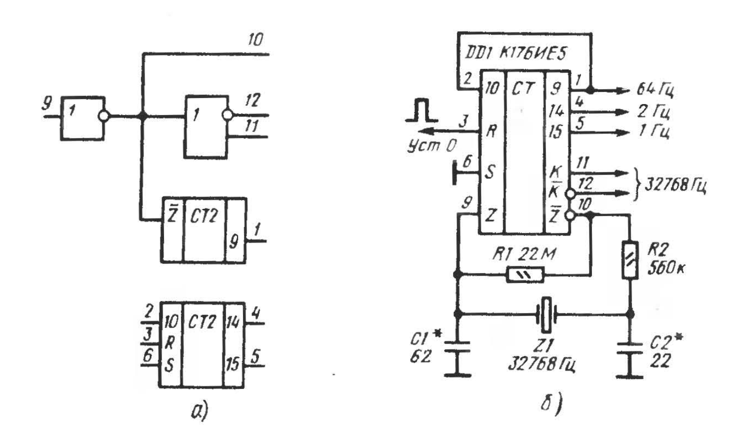


Рис.26. Структура (*а*) и типовая схема включения (*б*) микросхемы К176ИЕ5

тора подается напряжение меняющейся полярности, на сегментах, которые не надо индицировать, напряжение относительно общего электрода равно нулю.

Микросхема К176ИЕ3 (рис.18) отличается от К176ИЕ4 тем, что ее счетчик имеет коэффициент пересчета 6, а лог.1 на выходе 2 появляется при установке счетчика в состояние 2.

Микросхема К176ИЕ5 содержит генератор с внешним кварцевым резонатором на 32768 Гц и подключенным к нему девятиразрядным делителем частоты и шестиразрядный делитель частоты, структура микросхемы приведена на рис.26,*а*. Типовая схема включения микросхемы приведена на рис.26,*б*. К выводам Z и $\overline{Z}$ подключаются кварцевый резонатор, резисторы R1 и R2, конденсаторы C1 и C2. Выходной сигнал кварцевого генератора может быть проконтролирован на выходах K и $\overline{K}$. Сигнал с частотой 32768 Гц поступает на вход девятиразрядного двоичного делителя частоты, с его выхода 9 сигнал с частотой 64 Гц можно подать на вход 10 шестиразрядного делителя. На выходе 14 пятого разряда этого делителя формируется частота 2 Гц, на выходе 15 шестого разряда — 1 Гц. Сигнал с частотой 64 Гц можно использовать для подключения жидкокристаллических индикаторов к выходам микросхем К176ИЕ3 и К176ИЕ4.

Вход R служит для сброса триггеров второго делителя и установки исходной фазы колебаний на выходах микросхемы. При подаче лог.1 на вход R на выходах 14 и 15 появляется лог.0, после снятия лог.1 на этих выходах появляются импульсы с соответствующей частотой, спад первого импульса на выходе 15 происходит через 1 с после снятия лог.1.

При подаче лог.1 на вход S триггер второго делителя устанавливается в состояние 1; после снятия лог.1 с этого входа спад первого импульса на выходах 14 и 15 происходит практически сразу. Обычно вход S постоянно подключают к общему проводу. Конденсаторы C1 и C2 служат для точной установки частоты кварцевого генератора. Емкость первого из них может находиться в пределах от единиц до ста

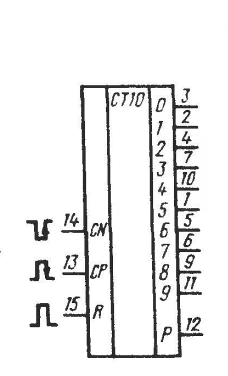


Рис.27. Микросхемы К176ИЕ8 и К561ИЕ8

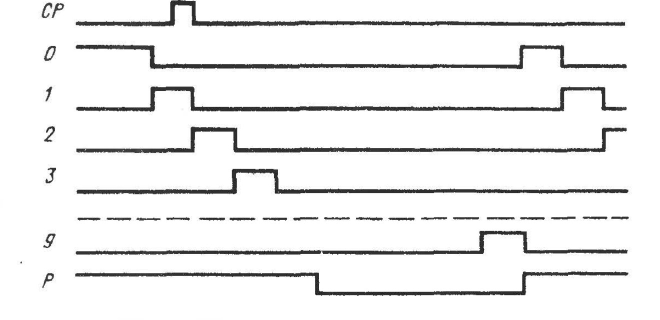


Рис.28. Временная диаграмма работы микросхем К176ИЕ8 и К561ИЕ8

пикофарад, емкость второго — в пределах 30...100 пФ. При увеличении емкости конденсаторов частота генерации уменьшается. Более удобно точную установку частоты можно производить при помощи подстроечных конденсаторов, подключенных параллельно С1 и С2. При этом конденсатором, подключенным параллельно С2, осуществляют грубую настройку, подключенным параллельно С1, — точную.

Сопротивление резистора R1 может находиться в пределах 4,7...68 МОм, однако при его значении менее 10 МОм возбуждаются не все кварцевые резонаторы.

Микросхемы К176ИЕ8 и К561ИЕ8 — десятичные счетчики с дешифратором (рис.27). Микросхемы имеют три входа: вход установки исходного состояния R, вход для подачи счетных импульсов отрицательной полярности CN и вход для подачи счетных импульсов положительной полярности СР. Установка счетчика в 0 производится при подаче на вход R лог.1, при этом на выходе 0 появляется лог.1, на выходах 1—9—лог.0.

Переключение счетчика происходит по спадам импульсов отрицательной полярности, подаваемых на вход CN, при этом на входе СР должен быть лог.0. Можно также подавать импульсы положительной полярности на вход СР, переключение будет происходить по их спадам. На входе CN при этом должна быть лог.1. Временная диаграмма работы микросхемы приведена на рис.28.

Микросхема К561ИЕ9 (рис.29) — счетчик с дешифратором, работа микросхемы аналогична работе микросхем К561ИЕ8 и К176ИЕ8, но коэффициент пересчета и число выходов дешифратора 8, а не 10. Временная диаграмма работы микросхемы приведена на рис.30. Так же как и микросхема К561ИЕ8, микросхема К561ИЕ9 построена на основе сдвигающего регистра с перекрестными связями. При подаче напряжения питания и отсутствии импульса сброса триггеры этих микросхем могут установиться в произвольное состояние, не соответствующее разрешенному состоянию счетчика. Однако в указанных

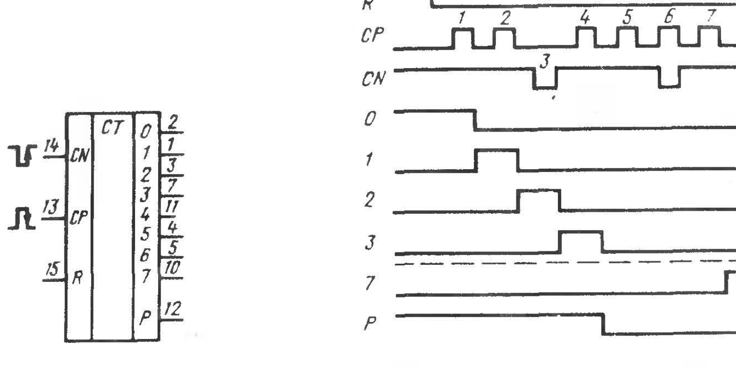


Рис.29. Микросхема К561ИЕ9

Рис.30. Временная диаграмма работы микросхемы К561ИЕ9

микросхемах есть специальная цепь формирования разрешенного состояния счетчика, и при подаче тактовых импульсов счетчик через несколько тактов перейдет в нормальный режим работы. Поэтому в делителях частоты, в которых точная фаза выходного сигнала не важна, допустимо не подавать на входы R микросхем К176ИЕ8, К561ИЕ8 и К561ИЕ9 импульсы начальной установки.

Микросхемы К176ИЕ8, К561ИЕ8, К561ИЕ9 можно объединять в многоразрядные счетчики с последовательным переносом, соединяя выход переноса Р предыдущей микросхемы с входом CN последующей и подавая на вход СР лог.0. Возможны также соединение старшего выхода дешифратора (7 или 9) со входом СР следующей микросхемы и подача на вход CN лог.1. Такие способы соединения приводят к накоплению задержек в многоразрядном счетчике. Если необходимо, чтобы выходные сигналы микросхем многоразрядного счетчика изменялись одновременно, следует использовать параллельный перенос с введением дополнительных элементов И — НЕ. На рис.31 показана схема трехдекадного счетчика с параллельным переносом. Инвертор DD1.1 служит для компенсации задержки в элементах DD1.2 и DD1.3. Если высокая точность одновременности переключения декад счетчика не требуется, входные счетные импульсы можно подать на вход СР микросхемы DD2 без инвертора, а на вход CN DD2 — лог.1. Максимальная рабочая частота многоразрядных счетчиков как с последовательным, так и с параллельным переносом не снижается относительно частоты работы отдельной микросхемы.

На рис.32 приведен фрагмент схемы таймера с использованием микросхем К176ИЕ8 или К561ИЕ8. В момент пуска на вход CN микросхемы DD1 начинают поступать счетные импульсы. Когда микросхемы счетчика установятся в положения, набранные на переключателях, на всех входах элемента И — НЕ DD3 появится лог.1, элемент DD3 включится, на выходе инвертора DD4 появится лог.1, сигнализирующая об окончании временного интервала.

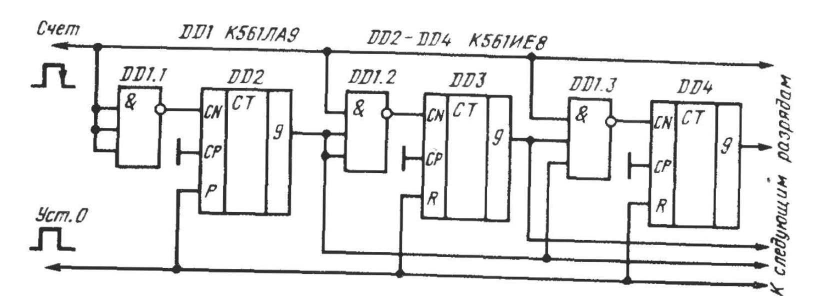


Рис.31. Параллельный счетчик

Микросхемы К561ИЕ8 и К561ИЕ9 удобно использовать в делителях частоты с переключаемым коэффициентом деления. На рис.33 приведен пример трехдекадного делителя частоты. Переключателем SA1 устанавливают единицы необходимого коэффициента пересчета, переключателем SA2 — десятки, переключателем SA3 — сотни. При достижении счетчиками DD1—DD3 состояния, соответствующего положениям переключателей, на все входы элемента DD4.1

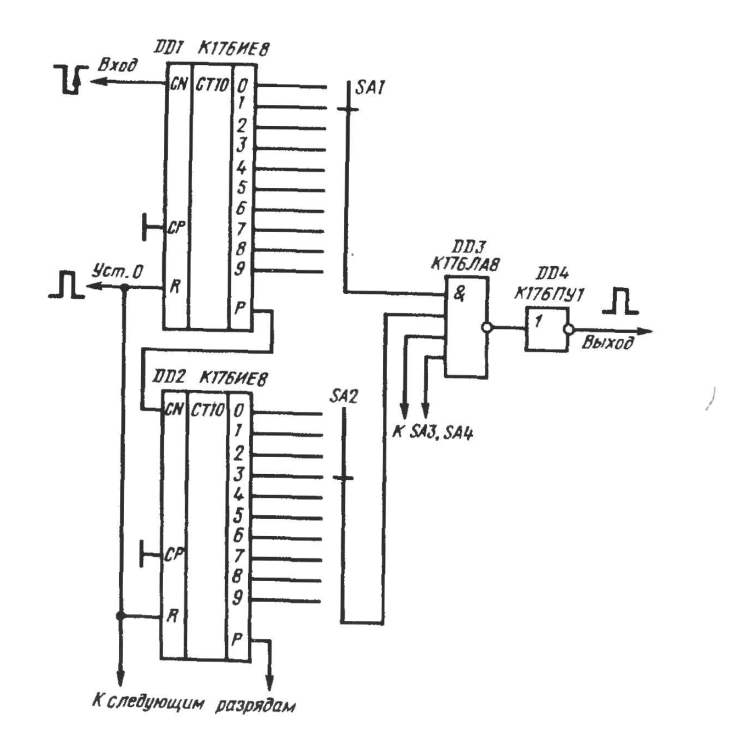


Рис.32. Схема таймера

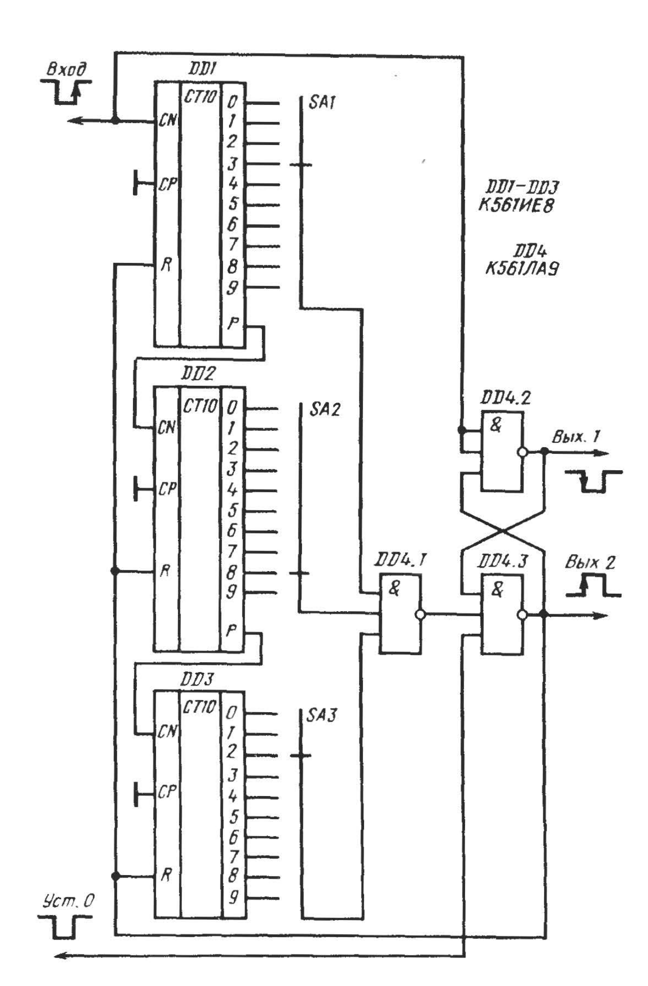


Рис.33. Делитель с переключаемым коэффициентом деления

приходит лог.1. Этот элемент включается и устанавливает триггер на элементах DD4.2 и DD4.3 в состояние, при котором на выходе элемента DD4.3 появляется лог.1, сбрасывающая счетчики DD1 — DD3 в исходное состояние (рис.34). В результате на выходе элемента DD4.1 также появляется лог.1 и следующий входной импульс отрицательной полярности устанавливает триггер DD4.2, DD4.3 в исходное состояние, сигнал сброса со входов R микросхем DD1—DD3 снимается и счетчик продолжает счет.

Триггер на элементах DD4.2 и DD4.3 гарантирует сброс всех микросхем DD1—DD3 при достижении счетчиком нужного состояния. При его отсутствии и большом разбросе порогов переключения микросхем DD1—DD3 по входам R возможен случай, когда одна из микросхем DD1—DD3 устанавливается в 0 и снимает сигнал сброса со входов R остальных микросхем ранее, чем сигнал сброса достигает

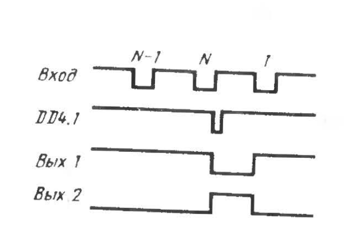


Рис.34. Временная диаграмма работы делителя

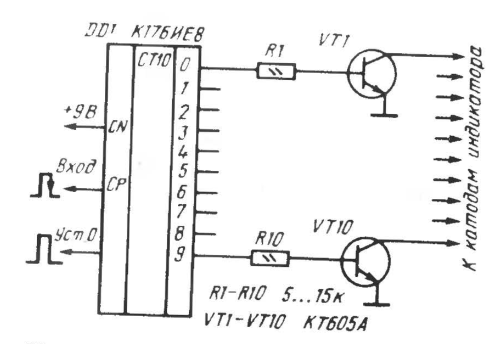


Рис.36. Подключение газоразрядного индикатора

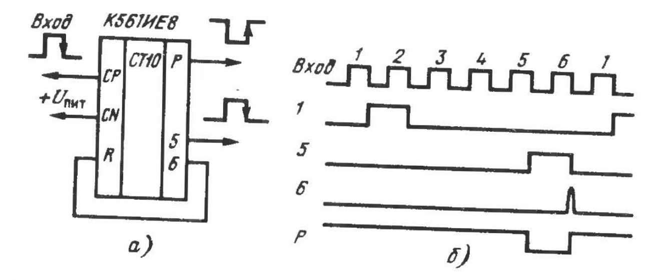


Рис.35. Делитель частоты на шесть (*а*) и временна́я диаграмма его работы (*б*)

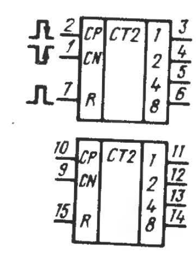


Рис.37. Микросхема К561ИЕ10

порога их переключения. Однако такой случай маловероятен, и обычно можно обойтись без триггера, точнее — без элемента DD4.2.

Для получения коэффициента пересчета менее 10 для микросхемы К561ИЕ8 и менее 8 для К561ИЕ9 можно соединить выход дешифратора с номером, соответствующим необходимому коэффициенту пересчета, со входом R микросхемы непосредственно, например, как это показано на рис.35,*а* для коэффициента пересчета, равного 6. Временна́я диаграмма работы этого делителя приведена на рис.35,*б*. Сигнал переноса можно снимать с выхода P лишь в случае, если коэффициент пересчета составляет 6 и более для К561ИЕ8 и 5 и более для К561ИЕ9. При любом коэффициенте сигнал переноса можно снимать с выхода дешифратора с номером, на единицу меньшим коэффициента пересчета.

Индикацию состояния счетчиков микросхем К176ИЕ8 и К561ИЕ8 удобно производить на газоразрядных индикаторах, согласуя их при помощи ключей на высоковольтных транзисторах n-p-n, например, серий П307—П309, КТ604, КТ605 или сборках К166НТ1 (рис.36).

Микросхемы К561ИЕ10 и КР1561ИЕ10 (рис.37) содержат по два раздельных четырехразрядных двоичных счетчика, каждый из которых имеет входы CP, CN, R. Установка триггеров счетчиков в исходное состояние происходит при подаче на вход R лог.1. Логика работы входов CP и CN отлична от логики работы аналогичных входов микросхем К561ИЕ8 и К561ИЕ9. Срабатывание триггеров микросхем К561ИЕ10 и КР1561ИЕ10 происходит по спаду импульсов положительной полярности на входе CP при лог.0 на входе CN (для К561ИЕ8 и К561ИЕ9 на входе CN должна быть лог.1). Возможна подача импульсов отрицательной полярности на вход CN, при этом на входе CP должна быть лог.1 (для К561ИЕ8 и К561ИЕ9 — лог.0). Таким образом, входы CP и CN в микросхемах К561ИЕ10 и КР1561ИЕ10 объединены по схеме элемента И, в микросхемах К561ИЕ8 и К561ИЕ9 — по схеме ИЛИ.

Временна́я диаграмма работы одного счетчика микросхемы приведена на рис.38. При соединении микросхем в многоразрядный счетчик с последовательным переносом выходы восьми предыдущих счетчиков соединяют со входами CP последующих, а на входы CN подают лог.0 (рис.39). Если необходимо обеспечить параллельный перенос, следует установить дополнительные элементы И—НЕ и ИЛИ—НЕ. На рис.40 приведена схема счетчика с параллельным пе-

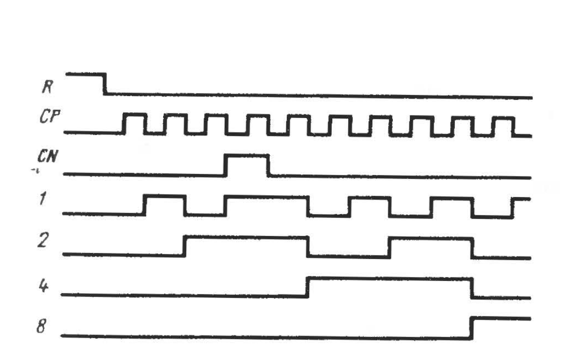


Рис.38. Временна́я диаграмма работы счетчика микросхемы К561ИЕ10

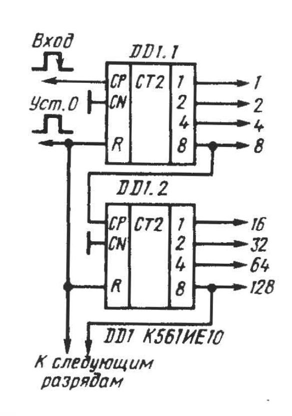


Рис.39. Последовательный счетчик на микросхеме К561ИЕ10

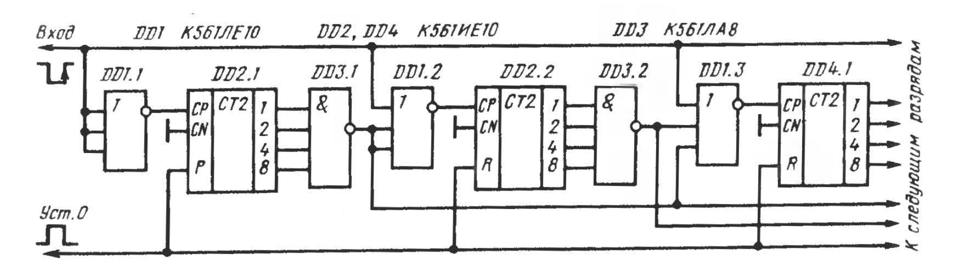


Рис.40. Параллельный счетчик

реносом. Прохождение счетного импульса на вход CP счетчика DD2.2 через элемент DD1.2 разрешается при состоянии 1111 счетчика DD2.1, при котором на выходе элемента DD3.1 лог.0. Аналогично прохождение счетного импульса на вход CP DD4.1 возможно лишь при состоянии 1111 счетчиков DD2.1 и DD2.2 и т.д. Назначение элемента DD1.1 такое же, как и DD1.1 в схеме рис.31. Максимальная частота входных импульсов для обоих вариантов счетчиков одинакова, но в счетчике с параллельным переносом переключение всех выходных сигналов происходит одновременно.

Один счетчик микросхемы может быть использован для построения делителей частоты с коэффициентом деления от 2 до 16. Для примера на рис.41 приведена схема счетчика с коэффициентом пересчета 10. Для получения коэффициентов пересчета 3, 5, 6, 9, 12 можно воспользоваться той же схемой, соответствующим образом выбрав выходы счетчика для подключения ко входам DD2.1. Для получения коэффициентов пересчета 7, 11, 13, 14 элемент DD2.1 должен иметь три входа, для коэффициента 15 — четыре входа.

Микросхема К561ИЕ11 — двоичный четырехразрядный реверсивный счетчик с возможностью параллельной записи информации (рис.42). Микросхема имеет четыре информационных выхода 1, 2, 4, 8, выход переноса P и следующие входы: вход переноса PI, вход установки исходного состояния R, вход для подачи счетных импульсов C, вход направления счета U, входы для подачи информации при параллельной записи D1—D8, вход параллельной записи S.

Вход R имеет приоритет над остальными входами: если на него подать лог.1, на выходах 1, 2, 4, 8 будет лог.0 независимо от состояния других входов. Если на входе R лог.0, приоритет имеет вход S. При подаче на него лог.1 происходит асинхронная запись информации со входов D1—D8 в триггеры счетчика.

Если на входах R, S, PI лог.0, разрешается работа микросхемы в счетном режиме. Если на входе U лог.1, по каждому спаду входного импульса отрицательной полярности, поступающему на вход C, состояние счетчика будет увеличиваться на единицу. При лог.0 на входе U счетчик переключается в режим вычитания — по каждому спаду импульса отрицательной полярности на входе C состояние счетчика уменьшается на единицу. Если на вход переноса PI подать лог.1, счетный режим будет запрещен.

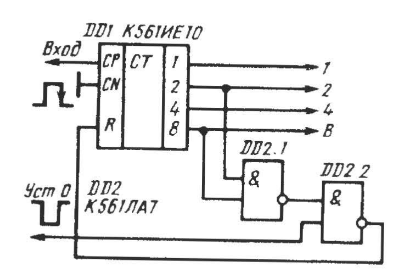


Рис.41. Декада на микросхеме К561ИЕ10

Рис.42. Микросхема К561ИЕ11

На выходе переноса P будет лог.0, если на входе PI лог.0 и все триггеры счетчика находятся в состоянии 1 при счете вверх или при счете вниз все триггеры в состоянии 0.

Для соединения микросхем в счетчик с последовательным переносом необходимо объединить между собой все входы C, выходы P микросхем соединить со входами PI следующих, а на вход PI младшего разряда подать лог.0 (рис.43). Выходные сигналы всех микросхем счетчика изменяются одновременно, однако максимальная частота работы счетчика меньше, чем отдельной микросхемы, из-за накопления задержек в цепи переноса. Для обеспечения максимальной рабочей частоты многоразрядного счетчика необходим параллельный перенос, для чего на входы PI всех микросхем следует подать лог.0, а сигналы на входы C микросхем подать через дополнительные элементы ИЛИ, как это показано на рис.44. В этом случае прохождение счетного импульса на входы C микросхем будет разрешено только тогда, когда на выходах P всех предыдущих микросхем будет лог.0, причем время задержки этого разрешения после одновременного срабатывания микросхем не зависит от числа разрядов счетчика.

Особенности построения микросхемы К561ИЕ11 требуют, чтобы изменение сигнала направления счета на входе U происходило в паузе между счетными импульсами на входе C, т.е. при лог.1 на этом входе, или по спаду этого импульса.

Микросхема К176ИЕ12 предназначена для использования в электронных часах (рис.45). В ее состав входят генератор G с внешним кварцевым резонатором на частоту 32768 Гц и два делителя частоты CT2 на 32768 и CT60 на 60. При подключении к микросхеме кварцевого резонатора по схеме рис.45,*б* она обеспечивает получение частот 32768, 1024, 128, 2, 1, 1/60 Гц. Импульсы с частотой 128 Гц формируются на выходах микросхемы T1—T4, их скважность равна 4, сдвинуты они между собой на четверть периода. Эти импульсы предназначены для коммутации знакомест индикатора часов при динамической индикации. Импульсы с частотой 1/60 Гц подаются на счетчик минут, импульсы с частотой 1 Гц могут использоваться для подачи на счетчик секунд и для обеспечения мигания разделительной точки, для установки показаний часов могут использоваться импульсы с частотой 2 Гц. Частота 1024 Гц предназначена для звукового сигнала будильника и для опроса разрядов счетчиков при динамической индикации, выход частоты 32768 Гц — контрольный. Фазовые соотношения колебаний различных частот относительно момента снятия сигнала сброса продемонстрированы на рис.46, временные масштабы различных диаграмм на этом рисунке различны. При использовании импульсов с выходов T1—T4 для других целей следует обратить внимание на наличие коротких ложных импульсов на этих выходах.

Особенностью микросхемы является то, что первый спад на выходе минутных импульсов M появляется спустя 59 с после снятия сигнала установки 0 с выхода R. Это заставляет при пуске часов отпускать кнопку, формирующую сигнал установки 0, спустя одну секунду после шестого сигнала поверки времени. Фронты и спады сигналов на выходе M синхронны со спадами импульсов отрицательной полярности на входе C.

Рис.43. Счетчик на микросхемах К561ИЕ11 с последовательным переносом

Рис.44. Счетчик на микросхемах К561ИЕ11 с параллельным переносом

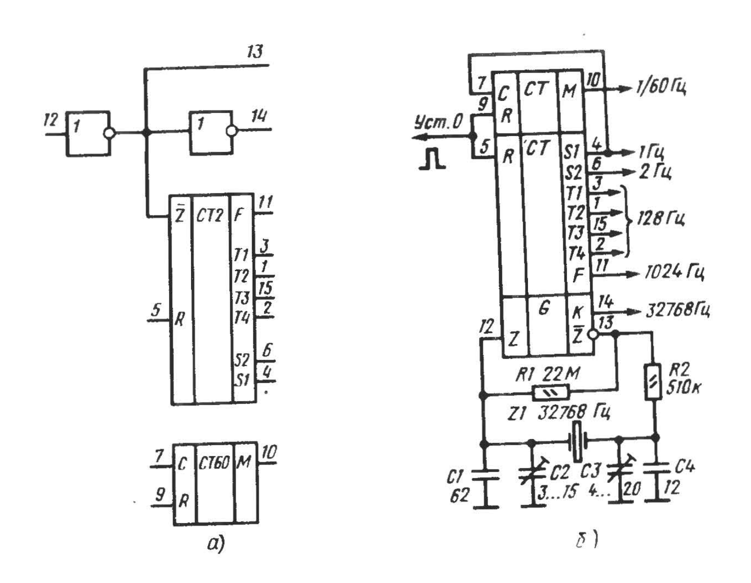


Рис.45. Структура (*а*) и типовая схема включения (*б*) микросхемы К176ИЕ12

Сопротивление резистора R1 может иметь то же значение, что и при использовании микросхемы К176ИЕ5. Конденсатор С2 служит для точной подстройки частоты, С3 — для грубой. В большинстве случаев конденсатор С4 может быть исключен.

Микросхема К176ИЕ13 предназначена для построения электронных часов с будильником. Она содержит счетчики минут и часов, регистр памяти будильника, цепи сравнения и выдачи звукового сигнала, цепи динамической выдачи кодов цифр для подачи на индикаторы. Обычно микросхему К176ИЕ13 используют совместно с К176ИЕ12. Стандартное соединение этих микросхем показано на

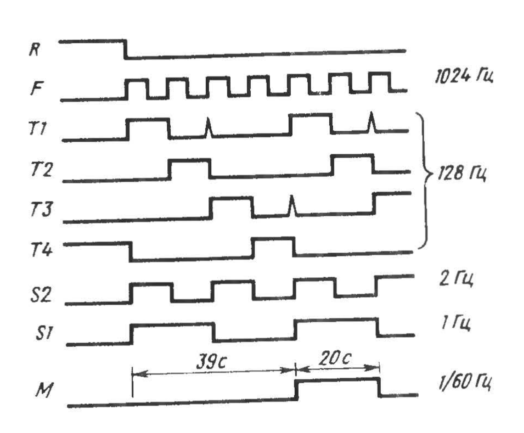


Рис.46. Временная диаграмма работы микросхемы К176ИЕ12

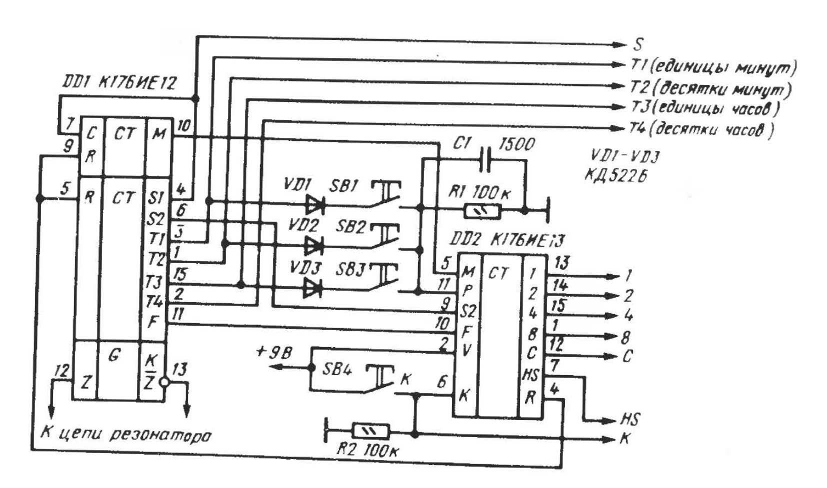


Рис.47. Типовая схема соединения микросхем К176ИЕ12 и К176ИЕ13

рис.47. Основными выходными сигналами схемы рис.47 являются импульсы Т1—Т4 и коды цифр на выходах 1, 2, 4, 8. В моменты, когда на выходе Т1 лог.1, на выходах 1, 2, 4, 8 присутствует код цифры единиц минут, когда лог.1 на выходе Т2 — код цифры десятков минут и т.д. На выходе S — импульсы с частотой 1 Гц для зажигания разделительной точки. Импульсы на выходе С служат для стробирования записи кодов цифр в регистр памяти микросхем К176ИД2 или К176ИД3, обычно используемых совместно с К176ИЕ12 и К176ИЕ13, импульс на выходе К может использоваться для гашения индикаторов во время коррекции показаний часов. Гашение индикаторов необходимо, поскольку в момент коррекции происходит остановка динамической индикации и при отсутствии гашения светится лишь один разряд с увеличенной в четыре раза яркостью.

На выходе HS — выходной сигнал будильника. Использование выходов S, K, HS не обязательно. Подача лог.0 на вход V микросхемы переводит ее выходы 1, 2, 4, 8 и С в высокоимпедансное состояние.

При подаче питания на микросхемы в счетчик часов и минут и в регистр памяти будильника автоматически записываются нули. Для введения в счетчик минут начального показания следует нажать кнопку SB1, показания счетчика начнут меняться с частотой 2 Гц от 00 до 59 и далее снова 00, в момент перехода от 59 к 00 показания счетчика часов увеличатся на единицу. Показания счетчика часов будут также изменяться с частотой 2 Гц от 00 до 23 и снова 00, если нажать кнопку SB2. Если нажать кнопку SB3, на индикаторах появится время включения сигнала будильника. При одновременном нажатии кнопок SB1 и SB3 показание разрядов минут времени включения будильника будет изменяться от 00 до 59 и снова 00, однако переноса в разряды часов не происходит. Если нажать кнопки SB2 и SB3, будет изменяться показание разрядов часов времени включения будильника, при переходе из состояния 23 в 00 произойдет сброс показаний разрядов минут. Можно нажать сразу три кнопки, в этом случае будут изменяться показания как разрядов минут, так и часов.

Кнопка SB4 служит для пуска часов и коррекции хода в процессе эксплуатации. Если нажать кнопку SB4 и отпустить ее спустя одну секунду после шестого сигнала поверки времени, установится правильное показание и точная фаза работы счетчика минут. Теперь можно установить показания счетчика часов, нажав кнопку SB2, при этом ход счетчика минут не будет нарушен. Если показания счетчика минут находятся в пределах 00...39, показания счетчика часов при нажатии и отпускании кнопки SB4 не изменятся. Если же показания счетчика минут находятся в пределах 40...59, после отпускания кнопки SB4 показания счетчика часов увеличиваются на единицу. Таким образом, для коррекции хода часов независимо от того, опаздывали часы или спешили, достаточно нажать кнопку SB4 и отпустить ее спустя секунду после шестого сигнала поверки времени.

Стандартная схема включения кнопок установки времени обладает тем недостатком, что при случайном нажатии на кнопки SB1 или SB2 происходит сбой показаний часов. Если в схему рис.47 добавить один диод и одну кнопку (рис.48), показания часов можно будет изменять, лишь нажав сразу две кнопки — кнопку SB5 ("Установка") и

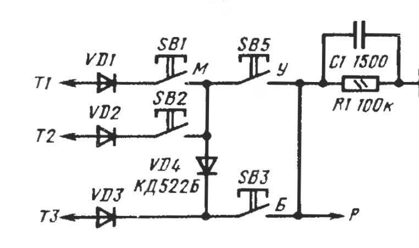


Рис.48. Модифицированная схема соединения

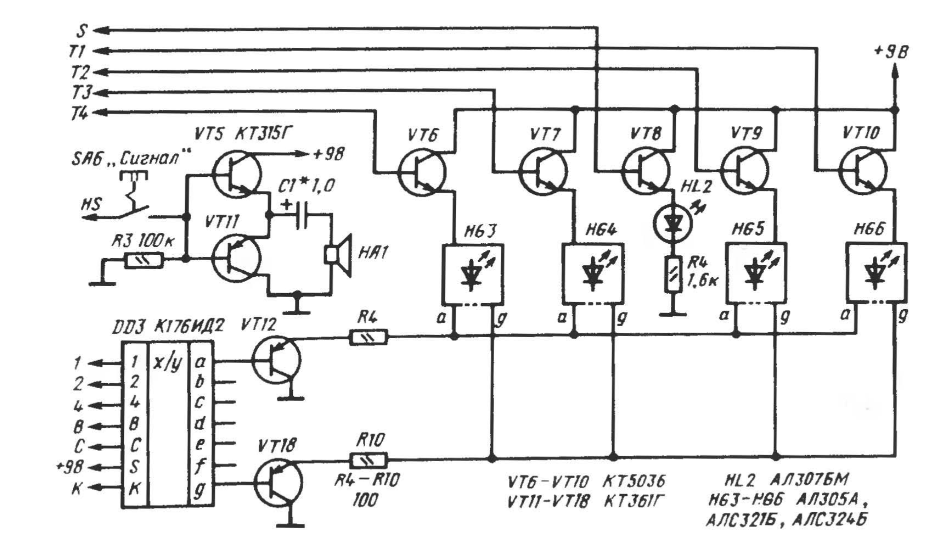


Рис.49. Подключение к микросхемам К176ИЕ12 и К176ИЕ13 индикаторов с общим анодом

кнопку SB1 или SB2, что случайно сделать значительно менее вероятно.

Если показания часов и время включения сигнала будильника не совпадают, на выходе HS микросхемы К176ИЕ13 лог.0. При совпадении показаний на выходе HS появляются импульсы положительной полярности с частотой 128 Гц и длительностью 488 мкс (скважность 16). При подаче их через эмиттерный повторитель на любой излучатель сигнал напоминает звук обычного механического будильника. Сигнал прекращается, когда показания часов и будильника перестают совпадать.

Схема согласования выходов микросхем К176ИЕ12 и К176ИЕ13 с индикаторами зависит от их типа. Для примера на рис.49 приведена схема для подключения полупроводниковых семисегментных индикаторов с общим анодом. Как катодные (VT12—VT18), так и анодные (VT6, VT7, VT9, VT10) ключи выполнены по схемам эмиттерных повторителей. Резисторами R4—R10 определяется импульсный ток через сегменты индикаторов.

Указанные на рис.49 сопротивления резисторов R4—R10 обеспечивают импульсный ток через сегмент примерно 36 мА, что соответствует среднему току 9 мА. При таком токе индикаторы АЛ305А, АЛС321Б, АЛС324Б и др. имеют достаточно яркое свечение. Максимальный коллекторный ток транзисторов VT12—VT18 соответствует току одного сегмента 36 мА, и поэтому здесь можно использовать практически любые маломощные p-n-p транзисторы с допустимым током коллектора 36 мА и более.

Импульсные токи транзисторов анодных ключей могут достигать 7 x 36 = 252 мА, поэтому в качестве анодных ключей можно применять транзисторы, допускающие указанный ток, с коэффициентом передачи тока базы $h_{21Э}$ не менее 120 (серий КТ3117, КТ503, КТ815). Если транзисторов с таким коэффициентом подобрать нельзя, можно использовать составные транзисторы (КТ315 + КТ503 или КТ315 + + КТ502). Транзистор VT8 — любой маломощный, структуры n-p-n.

Транзисторы VT5 и VT6 — эмиттерные повторители для подключения излучателя звука будильника HA1, в качестве которого можно применять любые телефоны, в том числе и малогабаритные от слуховых аппаратов, любые динамические головки, включенные через выходной трансформатор от любого радиоприемника. Подбором емкости конденсатора C1 можно добиться необходимой громкости звучания сигнала, можно также установить переменный резистор 200...680 Ом, включив его потенциометром между C1 и HA1. Выключатель SA6 служит для отключения сигнала будильника.

При использовании индикаторы с общим катодом, эмиттерные повторители, подключаемые к выходам микросхемы DD3, следует выполнить на транзисторах n-p-n (серии КТ315 и др.), а вход S DD3 соединить с общим проводом. Для подачи импульсов на катоды индикаторов необходимо собрать ключи на n-p-n транзисторах по схеме с общим эмиттером. Их базы следует соединить с выходами T1—T4 микросхемы DD1 через резисторы 3,3 кОм. Требования к транзисторам те же, что и к транзисторам анодных ключей в случае индикаторов с общим анодом.

Индикация возможна и при помощи люминесцентных индикаторов. В этом случае необходимы подача импульсов T1—T4 на сетки индикаторов и подключение объединенных между собой одноименных анодов индикаторов через микросхему К176ИД2 или К176ИД3 к выходам 1, 2, 4, 8 микросхемы К176ИЕ13.

Схема подачи импульсов на сетки индикаторов приведена на рис.50. Сетки C1, C2, C4, C5 — соответственно сетки знакомест единиц и десятков минут, единиц и десятков часов, C3 — сетка разделительной точки. Аноды индикаторов следует подключить к выходам микросхемы К176ИД2, подключенной к DD2 в соответствии с включением DD3 (рис.49) при помощи ключей, подобных ключам, изображенным на рис.20,*б*, 21, 22, на вход S микросхемы К176ИД2 должна быть подана лог.1.

Возможно использование микросхемы К176ИД3 без ключей, при этом ее вход S должен быть подключен к общему проводу. В любом случае аноды и сетки индикаторов должны быть через резисторы 22...100 кОм подключены к источнику отрицательного напряжения, которое по абсолютной величине на 5...10 В больше отрицательного напряжения, подведенного к катодам индикаторов. На схеме рис.50 это резисторы R8—R12 и напряжение —27 В.

Подачу импульсов T1—T4 на сетки индикаторов удобно производить при помощи микросхемы К161КН2, подав на нее напряжения питания в соответствии с рис.22.

В качестве индикаторов можно использовать любые одноместные вакуумные люминесцентные индикаторы, а также плоские четырехместные индикаторы с разделительными точками ИВЛ1-7/5 и ИВЛ2-7/5, специально предназначенные для часов, в качестве DD4 схемы рис.50 — любые инвертирующие логические элементы с объединенными входами.

На рис.51 приведена схема согласования с газоразрядными индикаторами. Анодные ключи можно выполнить на транзисторах серий КТ604 или КТ605, а также на транзисторах сборок К166НТ1.

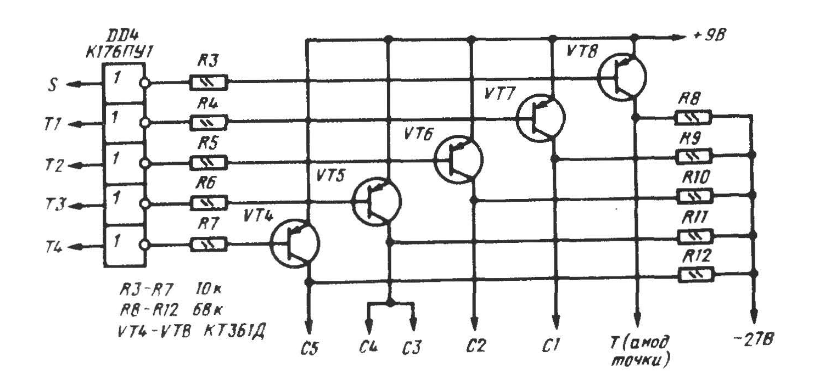


Рис.50. Подключение к микросхемам К176ИЕ12 и К176ИЕ13 индикаторов с общим катодом

Неоновая лампа HG5 служит для индикации разделительной точки. Одноименные катоды индикаторов следует объединить и подключить к выходам дешифратора DD7. Для упрощения схемы можно исключить инвертор DD4, обеспечивающий гашение индикаторов на время нажатия кнопки коррекции.

Возможность перевода выходов микросхемы К176ИЕ13 в высокоимпедансное состояние позволяет построить часы с двумя вариантами показаний (например, MSK и GMT) и двумя будильниками, один из которых можно использовать для включения какого-либо устройства, другой — для выключения (рис.52).

Одноименные входы основной DD2 и дополнительной DD2′ микросхем К176ИЕ13 соединяют между собой и с другими элементами по схеме рис.47 (можно с учетом рис.48), за исключением входов P и V.

В верхнем по схеме положении переключателя SA1 сигналы установки от кнопок SB1—SB3 могут поступать на вход P микросхемы DD2, в нижнем — на DD2′. Подачей сигналов на микросхему DD3 управляют секцией SA1.2 переключателя. В верхнем положении переключателя SA1 лог.1 поступает на вход V микросхемы DD2, и на входы DD3 проходят сигналы с выходов DD2. В нижнем положении переключателя лог.1 на входе V микросхемы DD2′ разрешает передачу сигналов с ее выходов.

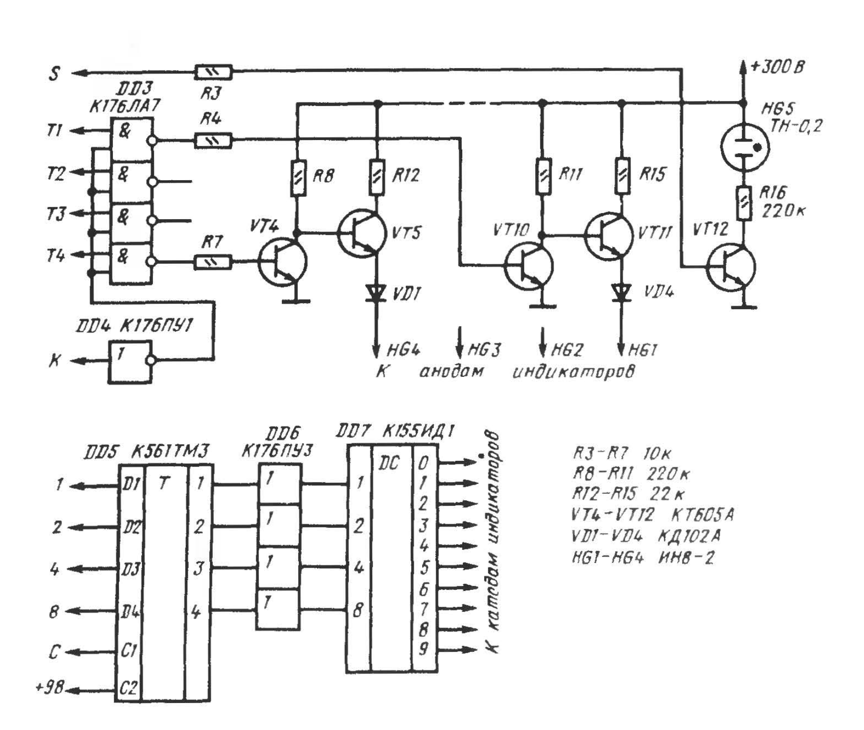


Рис.51. Подключение к микросхемам К176ИЕ12 и К176ИЕ13 газоразрядных индикаторов

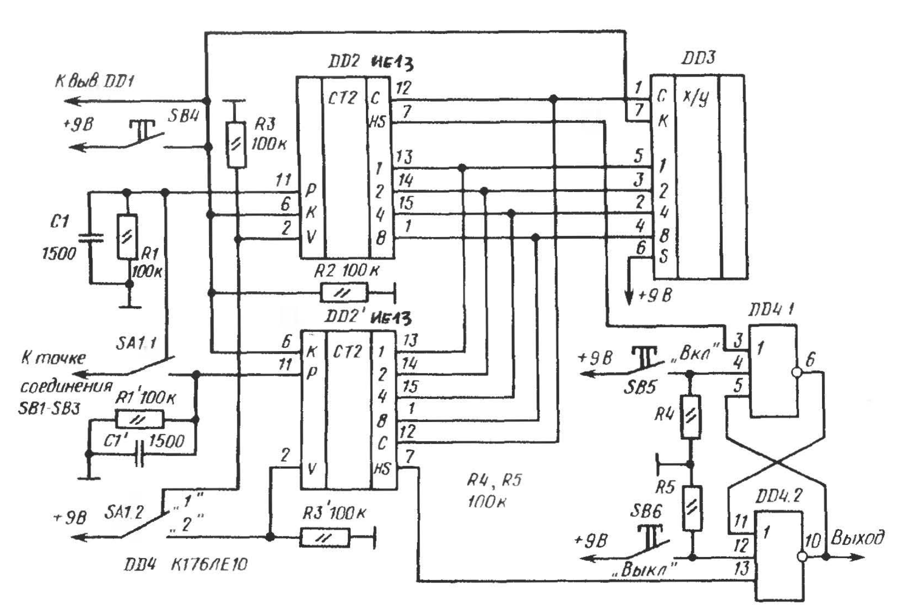


Рис.52. Часы с двумя вариантами показаний

В результате в верхнем положении переключателя SA1 можно управлять первыми часами и будильником и индицировать их состояние, в нижнем — вторыми.

Срабатывание первого будильника включает триггер DD4.1, DD4.2, на выходе DD4.2 появляется лог.1, которую можно использовать для включения какого-либо устройства, срабатывание второго будильника выключает это устройство. Кнопки SB5 и SB6 также можно использовать для его включения и выключения.

При использовании двух микросхем К176ИЕ13 сигнал сброса на вход R микросхемы DD1 следует взять непосредственно с кнопки SB4. В этом случае коррекция показаний происходит, как при показанном на рис.47 соединении, но блокировка кнопки SB4 "Корр." при нажатии кнопки SB3 "Буд." (рис.47), существующей в стандартном варианте, не выполняется. При одновременном нажатии кнопок SB3 и SB4 в часах с двумя микросхемами К176ИЕ13 происходит сбой показаний, но не хода часов. Правильные показания восстанавливаются при повторном нажатии на кнопку SB4 при отпущенной SB3.

Микросхема К561ИЕ14 — двоичный и двоично-десятичный четырехразрядный десятичный счетчик (рис.53). Ее отличие от микросхемы К561ИЕ11 заключается в замене входа R на вход B — вход переключения модуля счета. При лог.1 на входе B микросхема К561ИЕ14 производит двоичный счет так же, как и К561ИЕ11, при лог.0 на входе B — двоично-десятичный. Назначение остальных входов, режимы работы и правила включения для этой микросхемы такие же, как и для К561ИЕ11.

Микросхемы КА561ИЕ15(А и Б) — делитель частоты с переключаемым коэффициентом деления (рис.54). Микросхема имеет четыре управляющих входа K1, K2, K3, L, вход для подачи тактовых импульсов C, шестнадцать входов для установки коэффициента деления 1—8000 и один выход.

Микросхема позволяет иметь несколько вариантов задания коэффициента деления, диапазон изменения его составляет от 3 до 21327. Здесь будет рассмотрен наиболее простой и удобный вариант, для которого, однако, максимально возможный коэффициент деления составляет 16659. Для этого варианта на вход K3 следует постоянно подавать лог.0.

Вход K2 служит для установки начального состояния счетчика, которая происходит за три периода входных импульсов при подаче на вход K2 лог.0. После подачи лог.1 на вход K2 начинается работа счетчика в режиме деления частоты. Коэффициент деления частоты при подаче лог.0 на входы L и K1 равен 10000 и не зависит от сигналов, поданных на входы 1—8000. Если на входы L и K1 подать различные входные сигналы (лог.0 и лог.1 или лог.1 и лог.0), коэффициент деления частоты входных импульсов определится двоично-десятичным кодом, поданным на входы 1—8000. Для примера на рис.55

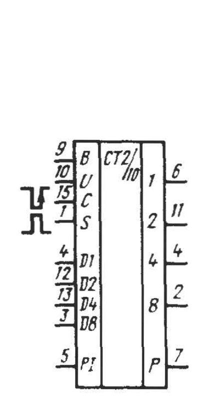


Рис.53. Микросхема К561ИЕ14

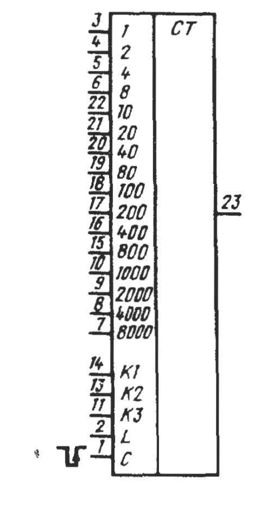


Рис.54. Микросхема К561ИЕ15

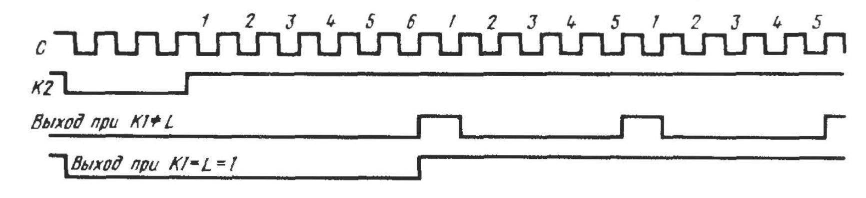


Рис.55. Временна́я диаграмма работы микросхемы К561ИЕ15

показана временна́я диаграмма работы микросхемы в режиме деления на 5, для обеспечения которого на входы 1 и 4 следует подать лог.1, на входы 2, 8—8000 — лог.0 (K1 ≠ L).

Длительность выходных импульсов положительной полярности равна периоду входных импульсов, фронты и спады выходных импульсов совпадают со спадами входных импульсов отрицательной полярности.

Как видно из временно́й диаграммы, первый импульс на выходе микросхемы появляется по спаду входного импульса с номером, на единицу большим коэффициента деления.

При подаче лог.1 на входы L и K1 осуществляется режим однократного счета. При подаче на вход K2 лог.0 на выходе микросхемы появляется лог.0. Длительность импульса начальной установки на входе K2 должна быть, как и в режиме деления частоты, не менее трех периодов входных импульсов. После окончания на входе K2 импульса начальной установки начнется счет, который будет происходить по спадам входных импульсов отрицательной полярности. После окончания импульса с номером, на единицу большим кода, установленного на входах 1—8000, лог.0 на выходе изменится на лог.1, после чего изменяться не будет (рис.55, K1=L=1). Для очередного запуска необходимо на вход K2 вновь подать импульс начальной установки.

Данный режим работы микросхемы подобен работе ждущего мультивибратора с цифровой установкой длительности импульса, следует только помнить, что в длительность входного импульса входит длительность импульса начальной установки и сверх того еще один период входных импульсов.

Если после окончания формирования выходного сигнала в режиме однократного счета на вход K1 подать лог.0, микросхема перейдет в режим деления входной частоты, причем фаза выходных импульсов будет определяться импульсом начальной установки, поданным ранее в режиме однократного счета.

Как уже указывалось выше, микросхема может обеспечить фиксированный коэффициент деления частоты, равный 10000, если на входы L и K1 подать лог.0. Однако после импульса начальной установки, поданного на вход K2, первый выходной импульс появится после подачи на вход C импульса с номером, на единицу большим кода, установленного на входах 1—8000. Все последующие выходные импульсы будут появляться через 10000 периодов входных импульсов после начала предыдущего.

На входах 1—8 допустимые сочетания входных сигналов должны соответствовать двоичному эквиваленту десятичных чисел от 0 до 9. На входах 10—8000 допустимы произвольные сочетания, т.е. возможна подача на каждую декаду кодов чисел от 0 до 15. В результате максимально возможный коэффициент деления K составит

$$K = 15000 + 1500 + 150 + 9 = 16659.$$

Микросхема может найти применение в синтезаторах частоты, в электромузыкальных инструментах, программируемых реле време-

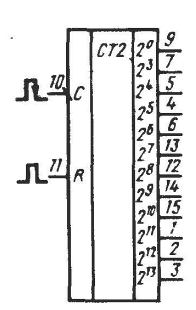


Рис.56. Микросхема К561ИЕ16

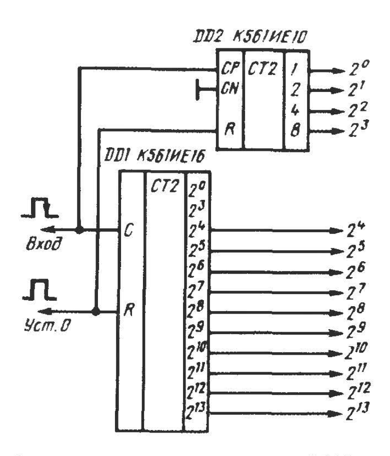


Рис.57. Соединение микросхем К561ИЕ10 и К561ИЕ16 для получения младших разрядов счетчика

ни, для формирования точных временных интервалов в работе различных устройств.

Микросхема К561ИЕ16 — четырнадцатиразрядный двоичный счетчик с последовательным переносом (рис.56). У микросхемы два входа: вход установки начального состояния R и вход для подачи тактовых импульсов C. Установка триггеров счетчика в 0 производится при подаче на вход R лог.1, счет — по спадам импульсов положительной полярности, подаваемых на вход C.

Счетчик имеет выходы не всех разрядов — отсутствуют выходы разрядов 2^1 и 2^2, поэтому, если необходимо иметь сигналы со всех двоичных разрядов счетчика, следует использовать еще один счетчик, работающий синхронно и имеющий выходы 1, 2, 4, 8, например половину микросхемы К561ИЕ10 (рис.57).

Коэффициент деления одной микросхемы К561ИЕ16 составляет $2^{14} = 16384$, при необходимости получения большего коэффициента деления можно выход 2^{13} микросхем соединить со входом еще одной такой же микросхемы или со входом CP любой другой микросхемы — счетчика. Если вход второй микросхемы К561ИЕ16 подключить к выходу 2^{10} предыдущей, можно за счет уменьшения разрядности счетчика получить недостающие выходы двух разрядов второй микросхемы (рис.58). Подключая ко входу микросхемы К561ИЕ16 половину микросхемы К561ИЕ10, можно не только получить недостающие выходы, но и увеличить разрядность счетчика на единицу (рис.59) и обеспечить коэффициент деления $2^{15} = 32768$.

Микросхему К561ИЕ16 удобно применять в делителях частоты с перестраиваемым коэффициентом деления по схеме, аналогичной рис.41. В этой схеме элемент DD2.1 должен иметь столько входов,

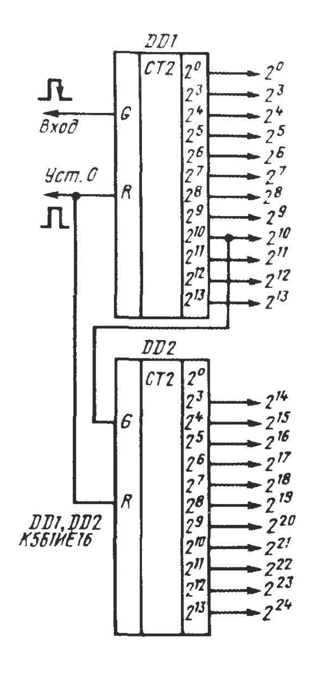


Рис.58. Соединение двух микросхем К561ИЕ16

Рис.59. Соединение микросхем К561ИЕ10 и К561ИЕ16 для получения младших разрядов и увеличения разрядности

сколько единиц в двоичном представлении числа, определяющего необходимый коэффициент деления. Для примера на рис.60 приведена схема делителя частоты с коэффициентом пересчета 10000. Двоичный эквивалент десятичного числа 10000 составляет 10011100010000, поэтому необходим элемент И на пять входов, которые должны быть подключены к выходам 2^4=16, 2^9=512, 2^{10}=1024 и 2^{13}=8192. Если необходимо осуществлять подключение к выходам 2^2 или 2^3, следует использовать схему рис.57 или 59, при коэффициенте более 16384 — схему рис.58.

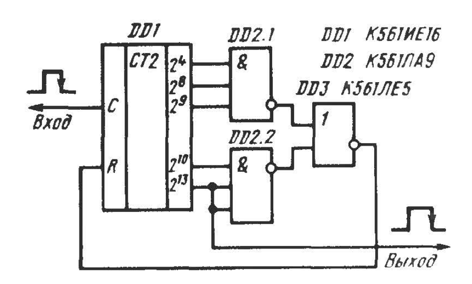


Рис.60. Делитель на 10000

Для перевода числа в двоичную форму его нацело следует разделить на 2, остаток (0 или 1) записать. Получившийся результат вновь разделить на 2, остаток записать, и так далее, пока после деления не останется нуль. Первый остаток является младшим разрядом двоичной формы числа, последний — старшим.

Микросхема К176ИЕ17 — календарь. Она содержит счетчики дней недели, чисел месяца и месяцев. Счетчик чисел считает от 1 до 29, 30 или 31 в зависимости от месяца. Счет дней недели производится от 1 до 7, счет месяцев — от 1 до 12.

Схема подключения микросхемы К176ИЕ17 к микросхеме К176ИЕ13 часов приведена на рис.61. На выходах 1—8 микросхемы DD2 присутствуют поочередно коды цифр числа и месяца аналогично кодам часов и минут на выходах микросхемы К176ИЕ13. Подключение индикаторов к указанным выходам микросхемы К176ИЕ17 производится аналогично их подключению к выходам микросхемы К176ИЕ13 с использованием импульсов записи с выхода С микросхемы К176ИЕ13.

На выходах А — С постоянно присутствует код 1—2—4 порядкового номера дня недели. Его можно подать на микросхему К176ИД2 или К176ИД3 и далее на какой-либо семисегментный индикатор, в результате чего на нем будет индицироваться номер дня недели. Однако более интересной является возможность вывода двухбуквенного обозначения дня недели на цифробуквенные индикаторы ИВ-4 или ИВ-17, для чего необходимо изготовить специальный преобразователь кода.

Установку числа, месяца и дня недели производят аналогично установке показаний в микросхеме К176ИЕ13. При нажатии кнопки

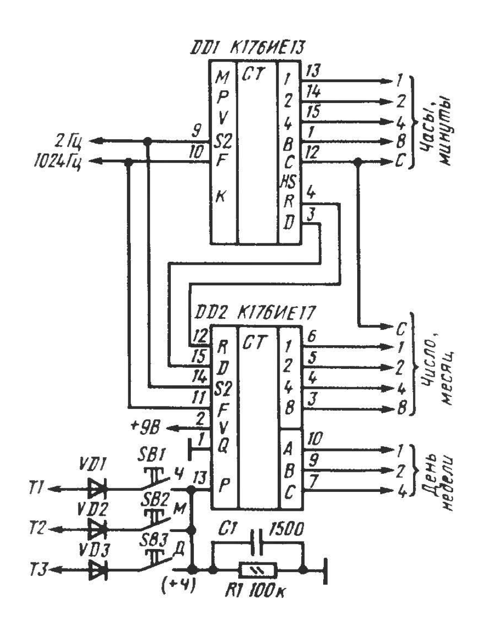


Рис.61. Типовая схема соединения микросхем К176ИЕ13 и К176ИЕ17

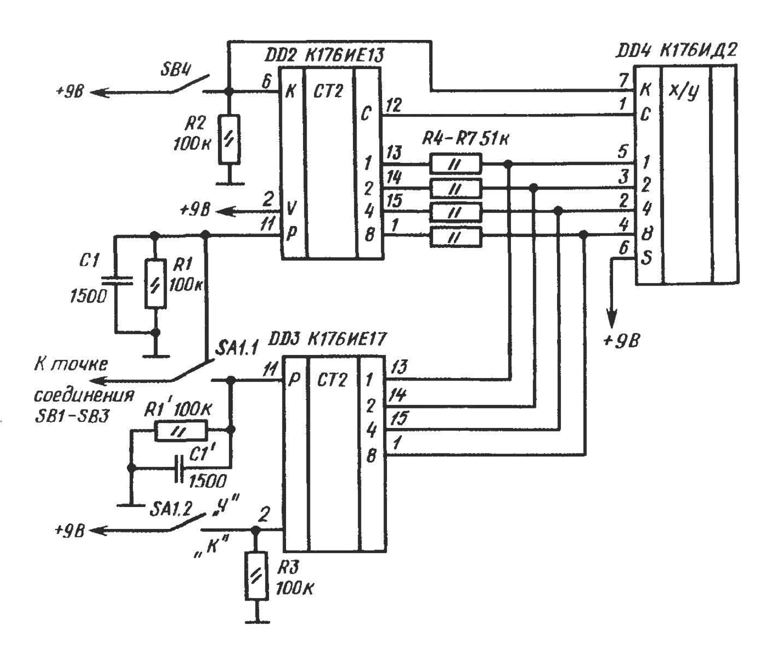


Рис.62. Часы с календарем

SB1 происходит установка числа, кнопки SB2 — месяца, при совместном нажатии SB3 и SB1 — дня недели. Для уменьшения общего числа кнопок в часах с календарем можно использовать кнопки SB1—SB3, SB5 схемы рис.48 для установки показаний календаря, переключая их общую точку тумблером со входа Р микросхемы К176ИЕ13 на вход Р микросхемы К176ИЕ17. Для каждой из указанных микросхем цепь R1 C1 должна быть своя, подобно схеме рис.52.

Подача лог.0 на вход V микросхемы переводит ее выходы 1—8 в высокоимпедансное состояние. Это свойство микросхемы позволяет относительно несложно организовать поочередную выдачу показаний часов и календаря на один четырехразрядный индикатор (кроме дня недели). Схема подключения микросхемы К176ИД2 (К176ИД3) к микросхемам К176ИЕ13 и К176ИЕ17 для обеспечения указанного режима приведена на рис.62, цепи соединения микросхем К176ИЕ13, К176ИЕ17 и К176ИЕ12 между собой не показаны. В верхнем по схеме положении переключателя SA1 "Ч" ("Часы") выходы 1—8 микросхемы DD3 находятся в высокоимпедансном состоянии, выходные сигналы микросхемы DD2 через резисторы R4—R7 поступают на входы микросхемы DD4, индицируется состояние микросхемы DD2 — часы и минуты. При нижнем положении переключателя SA1 "К" ("Календарь") выходы микросхемы DD3 активизируются, и теперь уже DD3 определяет входные сигналы микросхемы DD4. Переводить выходы микросхемы DD2 в высокоимпедансное состояние, как это сделано в схеме рис.52, нельзя, так как при этом перейдет в высокоимпедансное состояние и выход С микросхемы DD2, а анало-

гичного выхода микросхема DD3 не имеет. В схеме рис.62 реализовано упомянутое выше использование одного комплекта кнопок для установки показаний часов и календаря. Импульсы от кнопок SB1—SB3 поступают на вход P микросхемы DD2 или DD3 в зависимости от положения того же переключателя SA1.

Микросхема К176ИЕ18 (рис.63) во многом напоминает К176ИЕ12. Ее основным отличием является выполнение выходов T1—T4 с открытым стоком, что позволяет подключать сетки вакуумных люминесцентных индикаторов к этой микросхеме без согласующих ключей.

Для обеспечения надежного запирания индикаторов по их сеткам микросхема К176ИЕ18 вырабатывает импульсы T1—T4 со скважностью несколько более четырех (32/7). При подаче лог.1 на вход R микросхемы на выходах T1—T4 лог.0, поэтому подача специального сигнала гашения на вход K микросхем К176ИД2 и К176ИД3 не требуется.

Вакуумные люминесцентные индикаторы зеленого свечения в темноте кажутся значительно более яркими, чем на свету, поэтому желательно иметь возможность изменения яркости индикатора. Микросхема К176ИЕ18 имеет вход Q, подачей лог.1 на этот вход можно в 3,5 раза увеличить скважность импульсов на выходах T1—T4 и во столько же раз уменьшить яркость свечения индикаторов. Сигнал на вход Q можно подать или с переключателя яркости, или с фоторезистора, второй вывод которого подключен к плюсу питания. Вход Q в этом случае следует соединить с общим проводом через резистор 100 кОм...1 МОм, который необходимо подобрать для получения требуемого порога внешней освещенности, при котором будет происходить автоматическое переключение яркости.

Следует отметить, что при лог.1 на входе Q (малая яркость) установка показаний часов не действует.

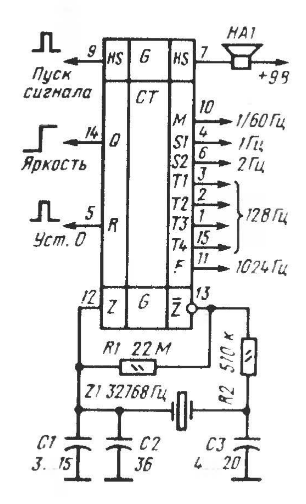


Рис.63. Типовая схема включения микросхемы К176ИЕ18

Рис.64. Микросхема К561ИЕ19

Микросхема К176ИЕ18 имеет специальный формирователь звукового сигнала. При подаче импульса положительной полярности на вход HS на выходе HS появляются пачки импульсов отрицательной полярности с частотой 2048 Гц и скважностью 2. Длительность пачек 0,5 с, период повторения 1 с. Выход HS выполнен с открытым стоком и позволяет подключать излучатели с сопротивлением 50 Ом и выше между этим выходом и плюсом питания без эмиттерного повторителя. Сигнал присутствует на выходе HS до окончания очередного минутного импульса на выходе M микросхемы.

Следует отметить, что допустимый выходной ток микросхемы К176ИЕ18 по выходам T1—T4 составляет 12 мА, что значительно превышает ток микросхемы К176ИЕ12, поэтому требования к коэффициентам усиления транзисторов в ключах при применении микросхем К176ИЕ18 и полупроводниковых индикаторов (рис.49) значительно менее жестки: достаточно $h_{21э} > 20$. Сопротивление базовых резисторов в катодных ключах может быть уменьшено до 510 Ом при $h_{21э}$ — 20 или до 1 кОм при $h_{21э} > 40$.

Микросхемы К176ИЕ12, К176ИЕ13, К176ИЕ17, К176ИЕ18 допускают напряжение питания такое же, как и микросхемы К561 (3...15 В).

Микросхема К561ИЕ19 — пятиразрядный сдвигающий регистр с возможностью параллельной записи информации, предназначенный для построения счетчиков с программируемым модулем счета (рис.64). Микросхема имеет пять информационных входов для параллельной записи D1—D5, вход информации для последовательной записи D0, вход параллельной записи S, вход сброса R, вход для подачи тактовых импульсов C и пять инверсных выходов 1—5.

Вход R является преобладающим: при подаче на него лог.1 все триггеры микросхемы устанавливаются в 0, на всех выходах появляется лог.1 независимо от сигналов на других входах. При подаче на вход R лог.0, на вход S лог.1 происходит запись информации со входов D1—D5 в триггеры микросхемы, на выходах 1—5 она появляется в инверсном виде.

При подаче на входы R и S лог.0 возможен сдвиг информации в триггерах микросхемы, который происходит по спадам импульсов отрицательной полярности, поступающим на вход C. В первый триггер информация записывается со входа D0.

Если соединить вход D0 с одним из выходов 1—5, можно получить счетчик с коэффициентом пересчета 2, 4, 6, 8, 10. Для примера на рис.65 показана временная диаграмма работы микросхемы в режиме деления на 6, который организуется в случае соединения входа D0 с выходом 3. Если необходимо получить нечетный коэффициент пересчета 3, 5, 7 или 9, следует использовать двухвходовый элемент И, входы которого подключают соответственно к выходам 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4, 4 и 5, выход — ко входу D0. Для примера на рис.66 приведена схема делителя частоты на 5, на рис.67 — временная диаграмма его работы.

Следует иметь в виду, что использование микросхемы К561ИЕ19 в качестве сдвигающего регистра невозможно, так как она содержит цепи коррекции, в результате чего комбинации состояний триггеров,

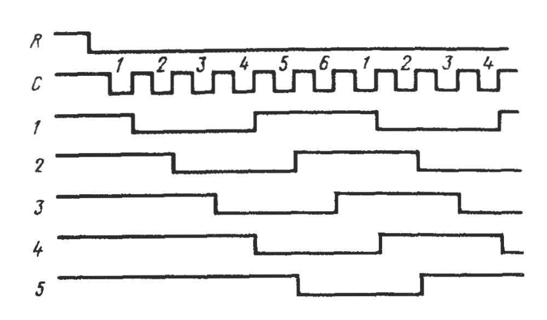


Рис.65. Временнáя диаграмма работы микросхемы К561ИЕ19

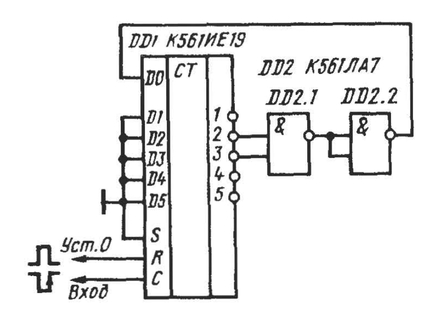


Рис.66. Делитель частоты на 5

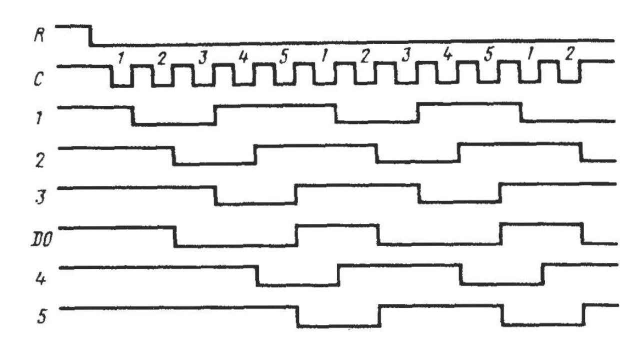


Рис.67. Временнáя диаграмма работы делителя

не являющиеся рабочими для счетного режима, автоматически исправляются. Наличие цепей коррекции позволяет аналогично использовать микросхемы К561ИЕ8 и К561ИЕ9: не подавать импульс начальной установки на счетчик, если фаза выходных импульсов не важна.

Микросхема КР1561ИЕ20 (рис.68) — двенадцатиразрядный двоичный счетчик с коэффициентом деления $2^{12} = 4096$. У нее два входа

— R (для установки нулевого состояния) и C (для подачи тактовых импульсов). При лог.1 на входе R счетчик устанавливается в нулевое состояние, а при лог.0 считает по спадам поступающих на вход C импульсов положительной полярности. Микросхему можно использовать для деления частоты на коэффициенты, являющиеся степенью числа 2. Для построения делителей с другим коэффициентом деления можно воспользоваться схемой для включения микросхемы К561ИЕ16 (см.рис.60).

Микросхема КР1561ИЕ21 (рис.69) — синхронный двоичный счетчик с возможностью параллельной записи информации по спаду тактового импульса. У микросхемы девять входов. Подача лог.0 на вход R независимо от состояния других входов приводит к установке триггеров микросхемы в состояние 0. Для обеспечения режима счета на вход R необходимо подать лог.1, тот же сигнал следует подать на входы разрешения параллельной записи EL, разрешения счета EC, разрешения выдачи переноса EP. Изменение состояния триггеров счетчика при счете происходит по спаду импульсов отрицательной полярности, подаваемых на вход C.

При подаче лог.0 на вход EL микросхема переходит в режим параллельной записи информации со входов D1—D8. Запись происходит по спадам импульсов отрицательной полярности на входе C, что позволяет использовать микросхему в режиме сдвигающего регистра. При записи на входе R должна быть лог.1, сигналы на входах EC и EP произвольны.

На выходе переноса P лог.1 появляется в том случае, когда счетчик находится в состоянии 15, а на входе EP присутствует лог.1, в остальных случаях на выходе P — лог.0. Подача лог.0 на вход EP запрещает выдачу лог.1 на выходе P и счет импульсов. Подача лог.0 на вход EC запрещает счет, но не запрещает выдачу сигнала переноса.

Сигнал запрета счета (лог.0 на входах EC или EP) действует лишь в том случае, если он полностью перекрывает по длительности импульс отрицательной полярности на входе C, в том числе он может совпадать с ним по времени. Для обеспечения параллельной записи лог.0 на входе EL и информация на входах D1—D8 могут быть

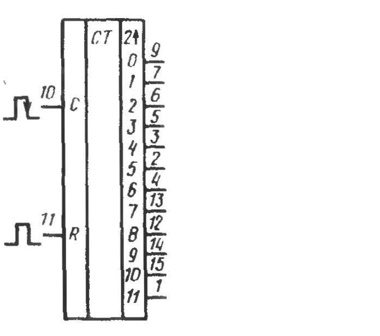


Рис.68. Микросхема КР1561ИЕ20

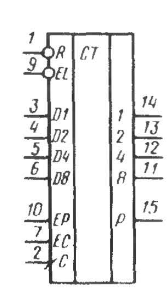


Рис.69. Микросхема КР1561ИЕ21

поданы как при лог.1, так и при лог.0 на входе C и должны удерживаться до момента перехода лог.0 на входе C в лог.1, когда и произойдет запись.

Для обеспечения счета с числа, введенного в микросхему при параллельной записи, лог.0 на входе EL должен быть изменен на лог.1 или одновременно с переходом лог.0 в лог.1 на входе C, или при лог.1 на этом входе.

На рис.70 приведена схема соединения микросхем КР1561ИЕ21 в многоразрядный синхронный счетчик. Соединение микросхем по схеме рис.70 снижает быстродействие счетчика относительно отдельной микросхемы, так как для его нормальной работы необходимо, чтобы сигнал переноса от младшего разряда прошел через все микросхемы до старшего разряда до подачи очередного тактового импульса. Для получения максимального быстродействия многоразрядного счетчика, равного быстродействию отдельной микросхемы, микросхемы следует соединять по схеме рис.71.

В этом случае сигнал переноса с выхода P микросхемы DD1 разрешает работу остальных микросхем, соединенных по схеме рис.70, лишь в те моменты, когда микросхема DD1 находится в состоянии

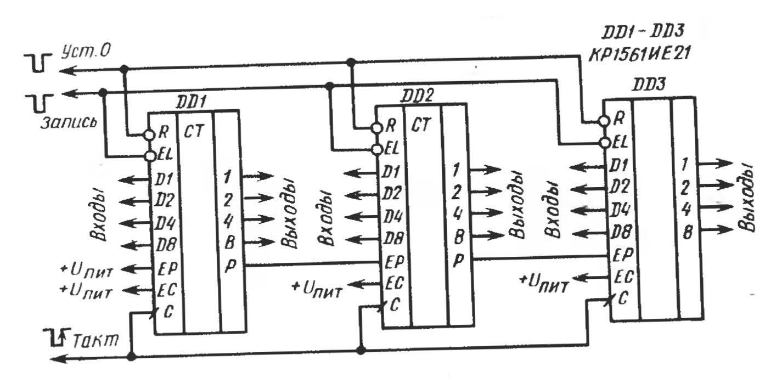


Рис.70. Соединение микросхем КР1561ИЕ21 в счетчик

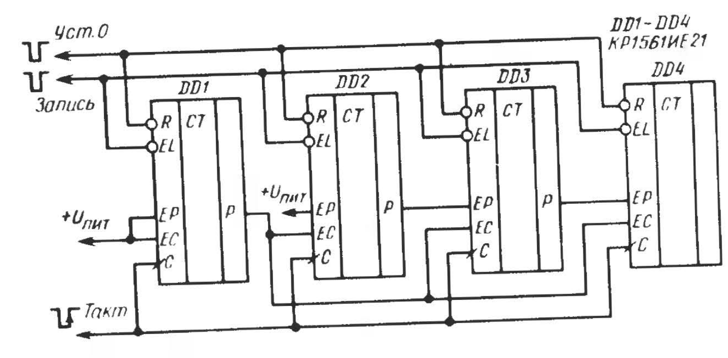


Рис.71. Соединение микросхем КР1561ИЕ21 в счетчик с максимальным быстродействием

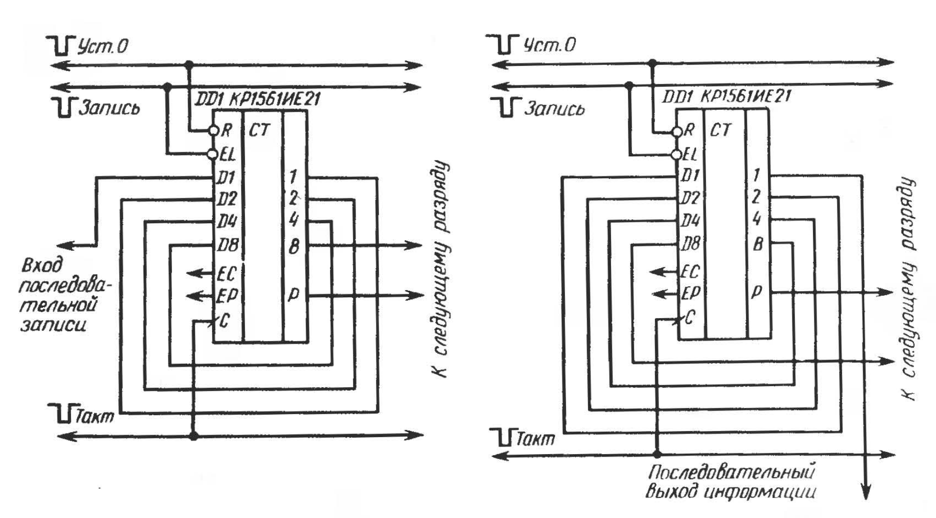


Рис.72. Счетчик с возможностью сдвига в сторону старших разрядов

Рис.73. Счетчик с возможностью сдвига в сторону младших разрядов

15, поэтому от счетчика DD2—DD4 требуется быстродействие, в 16 раз меньшее быстродействия микросхемы DD1, что обеспечивается при любой практически встречающейся разрядности счетчика.

Как уже указывалось выше, микросхема КР1561ИЕ21 может работать в режиме сдвигающего регистра. Для обеспечения такого режима следует входы D1—D8 соединить с выходами 1—8 в необходимом порядке. Для сдвига информации на один двоичный разряд по каждому тактовому импульсу в сторону старших разрядов соединение нужно произвести в соответствии с рис.72, для сдвига в сторону младших разрядов — в соответствии с рис.73. Входы EP и EC микросхем следует подключить в соответствии с рис.70 или 71. При соединении микросхем в соответствии с рис.72 или 73 параллельная запись информации в микросхемы невозможна.

Микросхемы К1561ИЕ21 удобно использовать в делителе с переключаемым коэффициентом пересчета. Для получения указанного режима достаточно сигнал переноса старшего разряда одноразрядного или многоразрядного счетчика через инвертор подать на вход разрешения записи, а на входы D1—D8 подать код, определяющий коэффициент пересчета (рис.74).

При установке счетчика в процессе счета в состояние 111...11 он перейдет в режим параллельной записи, и при подаче следующего тактового импульса вместо перехода в состояние 000...00 произойдет запись параллельного кода, поданного на входы D1—D8 микросхем. В результате общий коэффициент пересчета N уменьшится на величину K, соответствующую численному значению этого кода, и составит

$$N = 2^m - K,$$

где m — число двоичных разрядов в делителе.

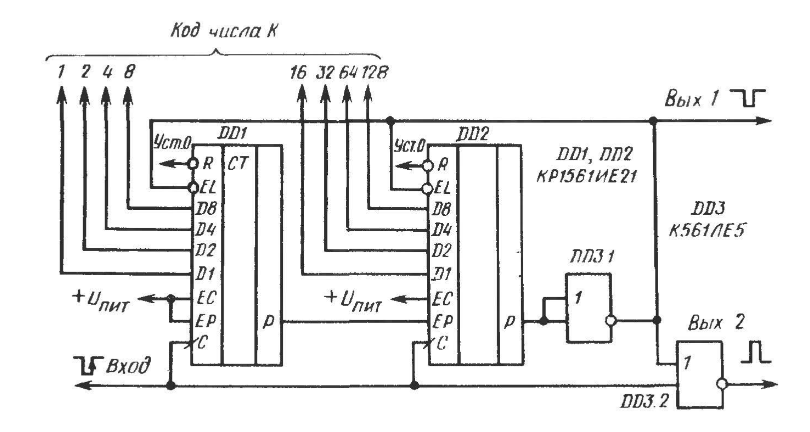


Рис.74. Делитель с переключаемым коэффициентом деления

Коэффициент пересчета может меняться для выхода 2 в пределах $1...2^m$ (длительность выходных импульсов положительной полярности равна длительности входных), для выхода 1 в пределах $2...2^m$ (длительность импульсов отрицательной полярности равна периоду входных импульсов).

Если делитель собран по схеме рис.71, элемент DD3.1 необходимо заменить на двухвходовый элемент И—НЕ, второй вход которого подключить к выходу переноса P первой микросхемы делителя. Если этого не сделать, коэффициент пересчета уменьшится на 15 относительно приведенной выше формулы.

Микросхемы 564ИР1 и К176ИР10 — восемнадцатиразрядные сдвигающие регистры (рис.75), разделенные на четыре секции с общим входом C для подачи тактовых импульсов.

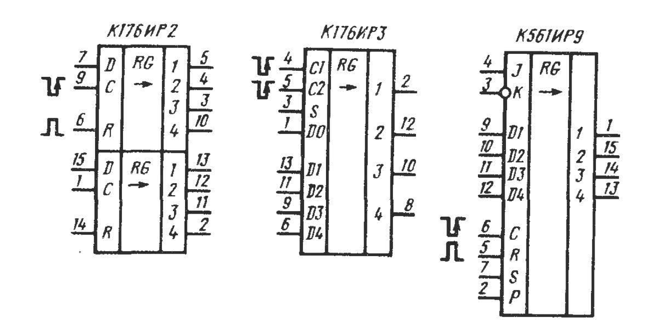
Секция со входом D1 — четырехразрядная, имеет выход только в последнем, четвертом разряде. Секция со входом D5 — пятиразрядная, имеет выходы в четвертом (8) и пятом (9) разрядах. Секции со входами D10 и D14 аналогичны рассмотренным выше. Запись информации со входов D1, D5, D10, D14 и ее сдвиг происходят по спадам импульсов положительной полярности, подаваемых на вход C. Особенности построения триггеров микросхемы К176ИР10 требуют, чтобы длительность тактовых импульсов не превышала 30 мкс.

Микросхема К176ИР2 (рис.75) — сдвигающий регистр. Она имеет две одинаковые независимые секции по четыре разряда. Каждая секция имеет три входа: вход R для установки триггеров в нулевое состояние (установка происходит при подаче лог.1 на этот вход); вход C (по спадам импульсов отрицательной полярности на этом входе происходят запись информации со входа D в первый разряд регистра и сдвиг информации в сторону возрастания номеров). Для получения сдвигающего регистра с большим числом разрядов можно соединять входы D секций регистров с выходами 4 предыдущих разрядов и объединять одноименные входы C и R между собой.

Микросхема К176ИР3 (рис.75) — четырехразрядный сдвигающий регистр. Запись информации со входа D0 и ее сдвиг происходят по спадам импульсов отрицательной полярности, подаваемых на вход C1 при лог.0 на входе S. Параллельная запись информации со входов D1—D4 происходит по спадам импульсов отрицательной полярности на входе C2 при лог.1 на входе S. При объединении входов C1 и C2 выбор режима сдвига или записи производится по входу S. Если объединить входы C1 и S, специального сигнала управления не потребуется.

Соединение входов D1—D3 с выходами 2—4 превращает микросхему в реверсивный сдвигающий регистр.

Микросхема К561ИР6 — многофункциональный восьмиразрядный сдвигающий регистр (рис.75). Микросхема имеет две группы информационных выводов (A1—A8 и B1—B8), каждая из которых может быть входами или выходами при параллельной записи и считывании, вход для последовательной записи информации D, входы управления P/S, A/S, A/B, EA, вход для подачи тактовых импуль-



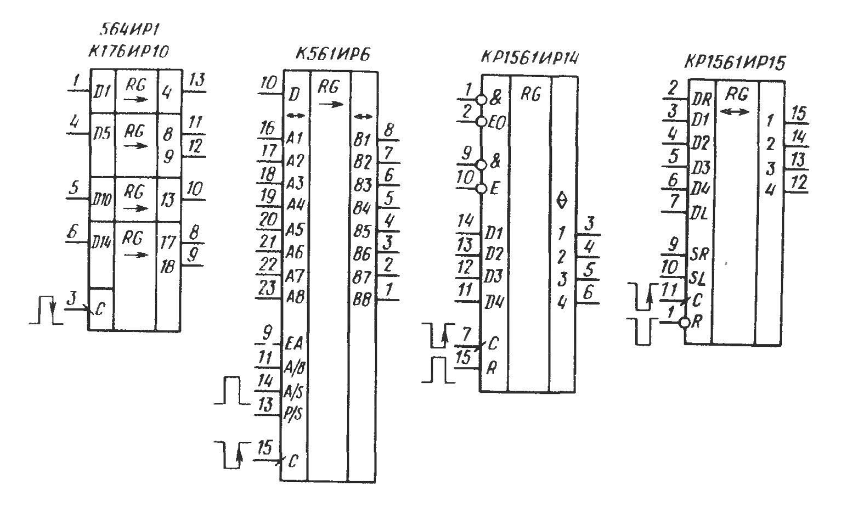


Рис.75. Микросхемы сдвигающих регистров

сов C. Сигналами на входах P/S, A/S, A/B, EA производится выбор режима работы микросхемы. Вход P/S (параллельный/последовательный) является преобладающим. При лог.0 на этом входе независимо от состояния других входов регистр переходит в режим последовательной записи информации со входа D по спадам импульсов отрицательной полярности на входе C и сдвига ее вправо (вниз по схеме рис.75). При лог.1 на входе P/S регистр переходит в режим параллельной записи. Запись производится или по спадам импульсов отрицательной полярности на входе C (синхронная запись), при этом на входе A/S (асинхронно/синхронно) должен быть лог.0, или по импульсам положительной полярности на входе A/S (асинхронная запись), при этом на входе C должны быть лог.0 или лог.1, но сигнал должен быть фиксированным. Какая из групп входов — A или B при этом является входами, а какая — выходами, определяется сигналом на входе A/B: если на этом входе лог.1, входами являются выводы A1—A8, выходами выводы B1—B8, при лог.0 на входе A/B входы B1—B8, выходы A1—A8. Независимо от сигнала на входе A/B лог.0 на входе EA отключает группу выводов A от триггеров регистра. Если при этом на входе A/B лог.0, возможна параллельная запись по группе B, но невозможно считывание по группе A, если на входе A/B лог.1, производится считывание по B, но невозможна запись по группе A, и при изменении сигналов на входах A/S и C не происходит изменения состояния триггеров регистра.

Выбор выходов при последовательной записи информации со входа D производится также сигналами на входах A/B и EA: при лог.1 на входе A/B и произвольном сигнале на входе EA выходами является группа B, при лог.0 на входе A/B и лог.1 на входе EA — группа A, при лог.0 на входах A/B и EA обе группы A и B находятся в высокоимпедансном состоянии, считывание из регистра невозможно.

При включении нескольких микросхем К561ИР6 для увеличения числа разрядов одноименные управляющие входы и входы C микросхем следует объединить. При необходимости работы нескольких микросхем в режиме сдвига входы D последующих микросхем нужно подключить к выходам A8 или B8 предыдущих, при этом надо обязательно во время сдвига соответствующие группы выводов переводить в режим выхода, при использовании одиночной микросхемы этого не требуется.

Микросхему К561ИР6 можно широко использовать в аппаратуре в самых различных вариантах — от простейшего однонаправленного буфера до узла запоминания и коммутации данных, приходящих в последовательном или параллельном коде с двух направлений. Некоторые примеры использования этой микросхемы приведены в табл.2. В ней указаны режим применения, входы и сигналы, которые надо зафиксировать для обеспечения этого режима, направление передачи сигнала и сигналы, подаваемые на используемые входы управления микросхемы. Знак X указывает на то, что на данный вход может быть подан произвольный сигнал, знак ⎍ — на подачу импульса положительной полярности, знак ↑ — срабатывание по спаду импульса отрицательной полярности. Знак Z означает высокоимпедансное состояние выхода.

Таблица 2

Режим работы микросхемы К561ИР6	Фиксированные сигналы	Управляющие сигналы	Направление передачи сигналов, состояние выходов
Однонаправленный буфер	EA=1, A/B=1, A/S=1, P/S=1, C=X	—	A→B
	EA=1, A/B=0, A/S=1, P/S=1, C=X	—	B→A
Однонаправленный буфер с переводом выходов в высокоимпедансное состояние	A/S=1, P/S=1, C=X	EA=A/B=1	A→B
		EA=A/B=0	B=Z
	A/B=0, A/S=1, P/S=1, C=X	EA=1	B→A
		EA=0	A=Z
Двунаправленный буфер	A/S=1, P/S=1, C=X	EA=A/B=1	A→B
		EA=1, A/B=0	B→A
		EA=A/B=0	A=B=Z
Регистр хранения с асинхронной записью и с переводом выходов в высокоимпедансное состояние	P/S=1, C=X	EA=A/B=1, A/S=⎍	A→B
		EA=A/B=A/S=0	B=Z
	A/B=0, P/S=1, C=X	EA=1, A/S=⎍	B→A
		EA=A/S=0	A=Z

Режим работы микросхемы К561ИР6	Фиксированные сигналы	Управляющие сигналы		Направление передачи сигналов, состояние выходов
Регистр хранения с синхронной записью и с переводом выходов в высокоимпедансное состояние	A/S=0, P/S=1	EA=A/B=1, C=↑		A → B
		EA=A/B=0, C=X		B = Z
	A/B=0, A/S=0, P/S=1	EA=1, C=↑		B → A
		EA=0, C=X		A = Z
Сдвигающий регистр с последовательной записью и параллельным считыванием	EA=1, A/B=0, A/S=X, P/S=0	C=↑		Выходы A
	EA=X, A/B=1, A/S=X, P/S=0			Выходы B
Регистр с асинхронной параллельной записью и последовательным считыванием	EA=1, A/B=1	A/S=P/S=⊓, C=X		Входы A
		A/S=P/S=0, C=↑		Выход B8
	EA=1, A/B=0	A/S=P/S=⊓, C=X		Входы B
		A/S=P/S=0, C=↑		Выход A8
Регистр с синхронной параллельной записью и последовательным считыванием	EA=1, A/B=1, A/S=0	P/S=1	C=↑	Входы A
		P/S=0		Выход B8
	EA=1, A/B=0, A/S=0	P/S=1	C=↑	Входы B
		P/S=0		Выход A8

Микросхема К651ИР9 — четырехразрядный сдвигающий регистр (рис.75). Она имеет четыре выхода и следующие входы: вход сброса R, вход для подачи тактовых импульсов C, вход выбора режима S, вход выбора полярности сигнала P, входы для подачи информации при последовательной записи J и K и входы подачи информации при параллельной записи D1—D4.

Вход R является преобладающим — при подаче на него лог.1 независимо от состояния других входов все триггеры микросхемы устанавливаются в 0. Если на входе R лог.0, возможна запись информации в триггеры микросхемы. При лог.1 на входе выбора режима S по спаду импульса отрицательной полярности на входе C произойдет параллельная запись информации в триггеры регистра со входов D1—D4. Если на входе S лог.0, по спаду импульса отрицательной полярности на входе C произойдут запись информации со входов J и K в триггер с выходом 1 и сдвиг информации в остальных триггерах в сторону возрастания номеров выходов. Информация, которая будет записана в первый триггер, определяется состоянием входов J и K перед подачей спада импульса отрицательной полярности на вход C. Если объединить между собой входы J и K, будет производиться запись информации, имеющейся на этих объединенных входах. Если на вход J подать лог.0, на вход K — лог.1, изменения информации в первом триггере по спаду импульса отрицательной полярности на входе C не произойдет. При лог.1 на входе J и лог.0 на входе K первый триггер микросхемы переходит в счетный режим и меняет свое состояние на противоположное на каждый спад импульса отрицательной полярности на входе C.

Полярностью сигналов на выходах 1—4 регистра можно управлять подачей управляющего сигнала на вход P — при лог.1 на этом входе выходные сигналы выдаются в прямом коде, при лог.0 инвертируются.

Для построения сдвигающего регистра с числом разрядов более четырех достаточно соединить выходы 4 микросхем младших разрядов с объединенными входами J и K микросхем следующих разрядов (рис.76). Входы C, R, S различных микросхем следует соединить между собой, а на входы P подать лог.1.

Для построения реверсивного сдвигающего регистра информационные входы микросхем J, K, D1—D4 следует соединить с выходами в соответствии с рис.77, входы C, R, S, P — в соответствии с рис.76. При лог.0 на объединенных входах S будет происходить сдвиг информации в сторону возрастания номеров выходов (сверху вниз по схеме рис.77), при лог.1 — в сторону уменьшения (снизу вверх). Параллельная запись информации в такой регистр невозможна.

Микросхема 564ИР13 — специальный регистр, предназначенный для построения аналого-цифровых преобразователей, работающих по принципу последовательного приближения, с числом разрядов до 12.

Микросхема (рис.78) имеет четыре входа: вход C для подачи тактовых импульсов, срабатывание триггеров регистра происходит по спаду тактовых импульсов отрицательной полярности, вход D для подачи запоминаемой регистром информации, вход E — разрешения преобразования и вход ER — разрешения сброса.

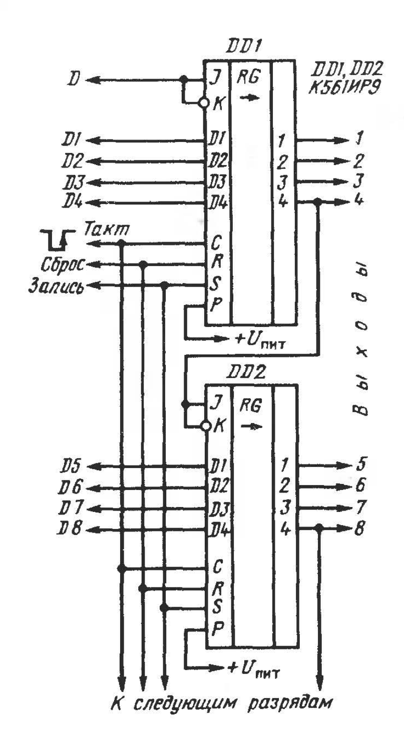


Рис.76. Регистр с параллельной записью

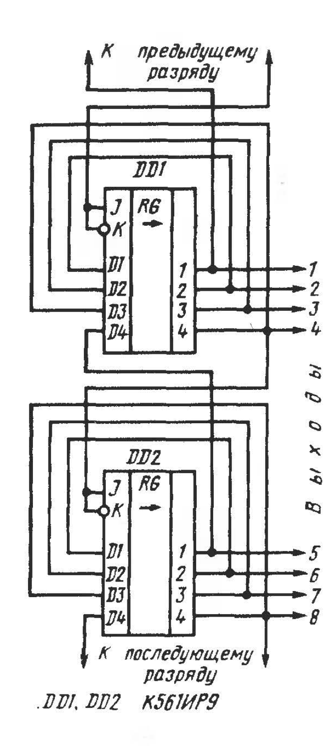


Рис.77. Реверсивный сдвигающий регистр

Работа микросхемы проиллюстрирована диаграммами C—D0 (рис.79). При подаче на вход ER лог.0 по спаду очередного импульса отрицательной полярности (импульс 0) происходит начальная установка триггеров регистра: на выходе 12 устанавливается лог.0, на выходах 1—11 и $\overline{12}$ — лог.1. На выходе окончания преобразования P появляется лог.1. Такое состояние регистра будет сохраняться до тех пор, пока на входе ER будет лог.0.

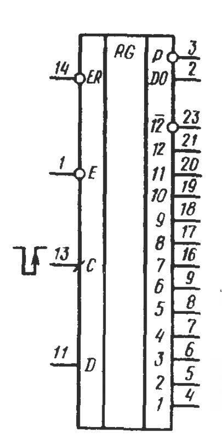


Рис.78. Микросхема К561ИР13

После подачи на вход ER лог.1 первый спад импульса отрицательной полярности произведет запись в триггер регистра с выходами 12 и $\overline{12}$ информации со входа D и установит триггер с выходом 11 в состояние 0, на выходах 1 — 10 и P будет лог.1. Спад очередного импульса отрицательной полярности произведет запись информации со входа D в очередной триггер регистра и установку следующего за ним триггера (в сторону уменьшения номера) в состояние 0. Таким образом, на выходах регистра поочередно появляется лог.0, вслед за ним — информация со входа D.

После записи информации со входа D в последний триггер регистра (с выходом 1) на выходе P появляется лог.0, и это состояние регистра фиксируется до появления лог.0 на входе ER. Если вход ER соединить с выходом P, появление лог.0 на выходе P по спаду очередного тактового импульса (импульс 13 на рис.79) приведет к установлению исходного состояния регистра аналогично импульсу 0. В результате микросхема будет повторять описанный цикл работы с периодом в 13 тактов.

Так микросхема работает при лог.0 на входе E. Если на вход E подать лог.1, выходы 1—12 перейдут в состояние 1 и на сигналы на других входах не будут реагировать. Наличие входа E позволяет соединять между собой микросхемы для получения регистров последовательного приближения на 24, 36 и более разрядов (рис.80). Работа таких регистров аналогична работе одной микросхемы, а период при соединении выхода P последней микросхемы с объединенными входами ER всех микросхем соответственно составит 25, 37 и т.д. тактов.

Микросхема позволяет использовать ее как регистр последовательного приближения и с меньшим, чем 12, числом разрядов, для чего для подачи сигнала на вход ER можно использовать его соединение с любым выходом 1—11.

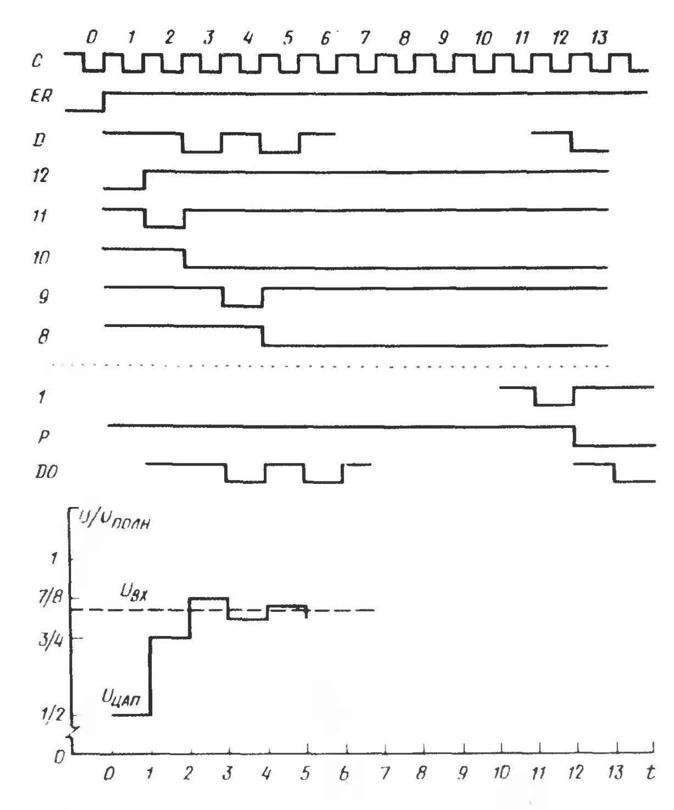


Рис.79. Временная диаграмма работы микросхемы К561ИР13

Если вход D подключить постоянно к источнику лог.1, микросхему можно будет использовать как счетчик с дешифратором, на выходах которого поочередно на период тактовых импульсов появляется лог.0. Коэффициент пересчета составит 13, он может быть также меньшего значения при соединении входа ER с любым из выходов 1—11.

Если на вход D постоянно подается лог.0, микросхема работает так, что по каждому тактовому импульсу на очередном из выходов 1—11 регистра лог.1 изменяется на лог.0, который держится на выходе до конца цикла. На выходе 12 при этом постоянно лог.0. Длительность цикла также может быть переменной — от 2 до 13 периодов тактовых импульсов.

Основное же назначение микросхемы 564ИР13 — построение аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Схема, иллюстрирующая возможный вариант АЦП, приведена на рис.81. К выходам 12—1 микросхемы подключен цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) DA1, старший разряд — 12, младший — 1. Компаратор DA2 сравнивает выходное напряжение ЦАП и преобразуемое в код входное напряжение.

Работа АЦП происходит следующим образом. Тактовый импульс 0 устанавливает, как уже указывалось, выход 12 микросхемы DD1 в 0, остальные выходы — в 1. В результате на вход ЦАП подается код 0111...1, на его выходе формируется напряжение, равное половине преобразуемого диапазона входных напряжений. Компаратор DA2 сравнивает его со входным, и, если входное напряжение превышает напряжение с выхода ЦАП, как это показано на нижней диаграмме рис.79, на его выходе появляется лог.1. Тактовым импульсом 1 лог.1 записывается в триггер микросхемы с выходом 12, это состояние триггера сохраняется до конца преобразования (диаграмма 12 на

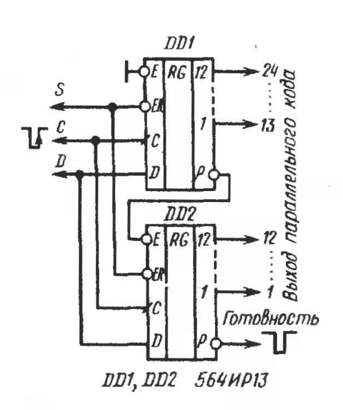


Рис.80. Соединение микросхем К561ИР13 для увеличения числа разрядов

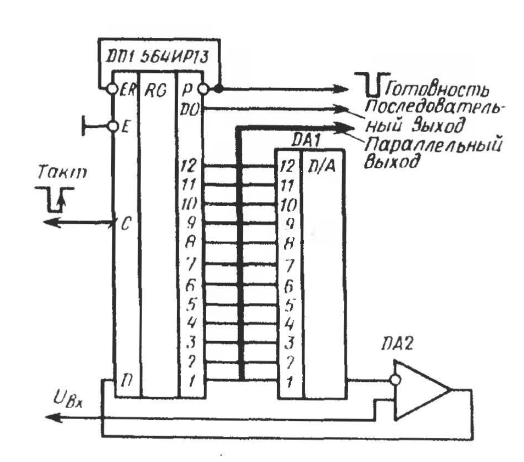


Рис.81. Аналого-цифровой преобразователь на основе микросхемы 561ИР13

рис.79). Если входное напряжение меньше половины диапазона преобразования, в триггер с выходом 12 запишется лог.0.

По окончании тактового импульса 1 на выходе 11 микросхемы DD1 появится лог.0, и на ЦАП подается код 1011...1 (для примера, показанного на рис.79). В результате входное напряжение сравнивается с 3/4 преобразуемого диапазона входных напряжений. Если, как это показано на рис.79, входное напряжение больше, чем 3/4 диапазона, в триггер с выходом 11 запишется 1, в противном случае — 0. Для описываемого примера в триггер регистра с выходом 11 импульс 2 запишет 1, и на ЦАП будет подан код 1101...1. В результате входное напряжение сравнивается с 1/2 + 1/4 + 1/8 = 7/8 полного диапазона, и, если оно меньше этого значения, в триггер с выходом 10 запишется 0. По окончании такта 12 на выходах 12—1 микросхемы образуется двоичный двенадцатиразрядный код преобразованного напряжения, для данного случая 110101...1. Логический 0 на выходе P сигнализирует об окончании преобразования и может быть использован для переписи сформированного кода в регистр хранения. Если, как указывалось выше, выход P соединить со входом ER, преобразование будет производиться циклически с периодом в 13 тактов входных импульсов.

В процессе преобразования на выход D0 микросхемы выдается сдвинутая на один период входных импульсов информация со входа D, являющаяся последовательным кодом преобразованного входного напряжения.

Разрядность АЦП можно уменьшить за счет использования вместо выхода P любого из выходов 1—11. Разрядность можно увеличить, если микросхемы 564ИР13 соединить согласно рис.80 и использовать ЦАП соответствующей разрядности.

Микросхему 564ИР13 можно использовать также и для других операций, производимых методом последовательных приближений. Например, при наличии цифрового умножителя кодов можно построить устройство, извлекающее квадратные корни или производящее деление одного цифрового кода на другой. Для извлечения квадратного корня микросхема выдает "пробное" значение корня 0111...1, которое при помощи цифрового умножителя кодов возводится в квадрат и цифровым компаратором сравнивается с кодом числа, из которого надо извлечь корень. Далее работа происходит аналогично работе АЦП, в результате чего на выходе можно получить код квадратного корня. Аналогично производят деление или определение кода обратного числа.

Микросхема КР1561ИР14 (рис.75) — четырехразрядный регистр хранения информации с возможностью перевода выходов в высокоимпеданское состояние. Запись информации со входов D1—D4 в триггеры микросхемы происходит по спаду импульса отрицательной полярности на входе C, обнуление триггеров — по импульсу положительной полярности на входе R. Особенностью регистра является наличие двух равноправных инверсных входов разрешения записи EL, собранных по схеме И. Наличие лог.1 на любом из этих входов запрещает запись в триггеры, подача лог.0 на оба входа — разрешает. При записи изменение сигналов на входах D1—D4 может происхо-

дить как при лог.0, так и при лог.1 на входе С (важно состояние этих входов непосредственно перед переходом из лог.0 в лог.1 сигнала на входе С).

Микросхема имеет два равноправных инверсных входа разрешения выдачи выходных сигналов Е0, собранных по схеме И. Наличие лог.1 на любом из этих входов переводит выходы в высокоимпедансное состояние. Состояние входов Е0 никак не влияет на работу микросхемы по другим входам: запись, обнуление могут происходить при любых сочетаниях сигналов на входах Е0.

Основное назначение микросхемы — прием, хранение и мультиплексирование информации, поступающей от различных источников. В качестве простейшего примера на рис.82 приведена схема для обеспечения одновременного приема четырехразрядной информации от двух различных источников Данные 1 и Данные 2 по фронту импульса на входе Запись и поочередной передачи принятой информации на выход по сигналам Чтение 1 и Чтение 2.

Наличие двух входов разрешения записи позволяет легко организовать матричное управление большим числом микросхем. Например, два описываемых далее дешифратора КР1561ИД7 могут управлять по входам Е0 матрицей из 64 микросхем КР1561ИР14, в результате можно получить одновременный прием и запоминание 256 бит информации и последовательную выдачу информации по четыре бита в необходимом порядке. Управляя матрицей по входам EL, можно организовать последовательный прием информации от различных

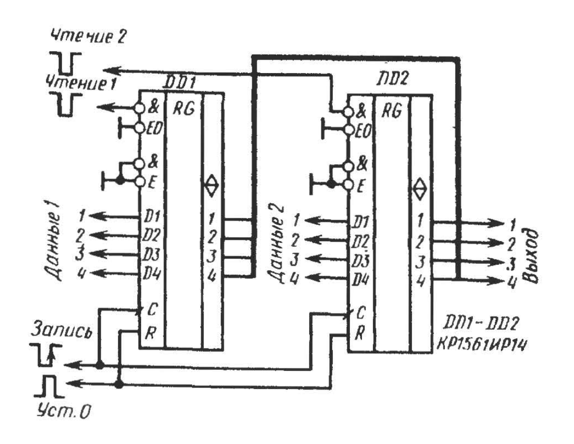


Рис.82. Регистр для приема информации из двух различных источников

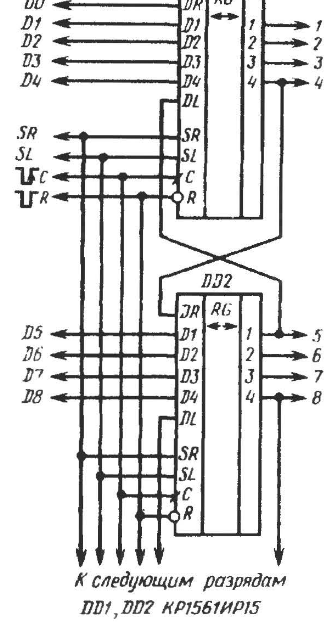


Рис.83. Соединение микросхем КР1561ИР15 для увеличения разрядности

источников и параллельную выдачу, если выходы микросхем не объединять.

Микросхема КР1561ИР15 (рис.75) — универсальный четырехразрядный сдвигающий регистр, позволяющий производить как параллельную запись информации, так и ее сдвиг вправо и влево.

Микросхема имеет входы подачи информации при параллельной записи D1—D4, входы для подачи информации при последовательной записи и сдвиге вправо (в сторону возрастания номеров выходов) — DR, влево — DL, управляющие входы SR и SL, вход для подачи тактовых импульсов С и вход сброса R.

При подаче лог.0 на вход R триггеры регистра устанавливаются в 0. При лог.1 на входе R режим работы определяется управляющими сигналами на входах SR и SL. При лог.1 на входе SR и лог.0 на входе SL по спадам импульсов отрицательной полярности на входе С выполняются последовательный прием информации со входа DR и сдвиг ее вправо. При лог.1 на входе SL и лог.0 на входе SR происходят прием со входа DL и сдвиг влево. При лог.1 на обоих входах SR и SL по спаду импульса отрицательной полярности на входе С произойдет параллельная запись информации со входов D1—D4. Если на входах SR и SL лог.0, при изменении информации на входе С триггеры регистра не переключаются.

Соединение микросхем КР1561ИР15 в многоразрядный реверсивный сдвигающий регистр проиллюстрировано рис.83.

1.4. МИКРОСХЕМЫ КОМБИНАЦИОННОГО ТИПА

Микросхемы К176ЛП2, К561ЛП2 и КР1561ЛП14 содержат по четыре двухвходовых элемента Исключающее ИЛИ (рис.84), которые также являются сумматорами по модулю два. Каждый из этих элементов работает следующим образом. Если на обоих входах элемента, например 1 и 2, лог.0, на выходе 3 — лог.0. Если на одном из входов лог.1, на другом — лог.0, на выходе — лог.1. Если на обоих входах лог.1, на выходе — лог.0. По-другому работу элемента можно описать следующим образом. Если на один из входов подать лог.0, выходной сигнал элемента повторит входной сигнал второго входа, в результате получится неинвертирующий одновходовый элемент. Если же на один из входов подать лог.1, выходной сигнал будет являться инверсией сигнала, поданного на второй вход. Такая гибкость указанных микросхем позволяет довольно удобно использовать их в различных формирователях.

Часто микросхемы, выполняющие функции Исключающее ИЛИ, используют для сравнения двоичных кодов на равенство, поступающих от различных источников. Для примера на рис.85 приведена схема устройства сравнения двух четырехразрядных кодов А1—А4 и В1—В4. При равенстве кодов на всех выходах микросхемы DD1 появляются лог.0 и на выходе DD2 — лог.1. При различии кодов хотя бы в одном разряде на соответствующем выходе микросхемы DD1 появляется лог.1, а на выходе DD2 — лог.0. Если в качестве DD2 использовать элемент И—НЕ, один из входных кодов нужно будет подать в инверсном виде.

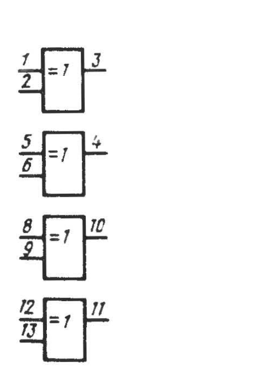


Рис.84. Микросхемы Исключающее ИЛИ

Рис.85. Устройство сравнения кодов

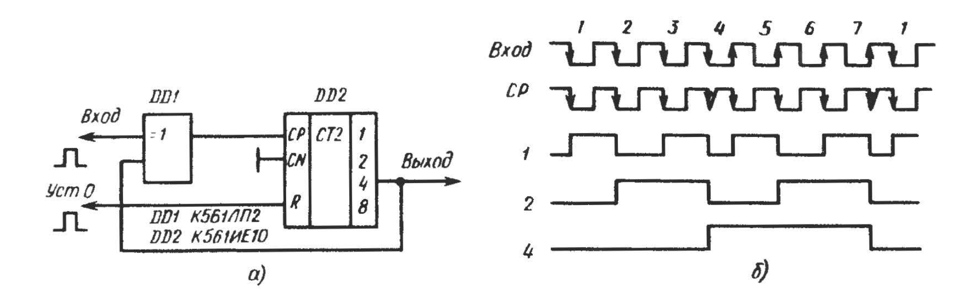


Рис.86. Делитель частоты на 7 (*а*) и временна́я диаграмма его работы (*б*)

Интересно применение микросхем Исключающее ИЛИ для изменения коэффициента деления счетчиков. Если перед подачей тактовых импульсов на счетный вход счетчика их пропустить через элемент Исключающее ИЛИ, на второй вход которого подать сигнал с выхода этого счетчика, коэффициент деления уменьшится на единицу. Для примера на рис.86,*а* приведена схема делителя частоты на семь, полученного указанным способом, а на рис.86,*б* — временна́я диаграмма его работы. На выходе 4 микросхемы DD2 частота импульсов в 7 раз меньше входной, а на выходе 2 — в 3,5 раза при сохранении периодичности. Интересно отметить, что, если исходный счетчик имеет скважность выходных импульсов, равную двум, и на вход делителя также подается меандр, на выходе получается меандр, как это имеет место для приведенной схемы.

Микросхема К561СА1 — сумматор по модулю два на тринадцать входов (рис.87). Выходной сигнал микросхемы принимает значение лог.1 при нечетном числе входов, на которые поданы лог.1, и лог.0 в противном случае. Задержка распространения сигнала по входу 10 меньше, чем по другим входам, поэтому его используют для расширения, подключая к нему выход другой такой же микросхемы.

Микросхемы К176ИД1 и К561ИД1 (рис.88) — дешифраторы на 10 выходов. Микросхемы имеют четыре входа для подачи кода 1—2—4—8. Выходной сигнал лог.1 появляется на том выходе дешифратора, номер которого соответствует десятичному эквиваленту входного кода, на остальных выходах дешифратора при этом лог.0. При подаче на входы кодов, соответствующих десятичным числам, превышающим 9, активизируются выходы 8 или 9 в зависимости от сигнала, поданного на вход 1, — при лог.0 на этом входе лог.1 появляется на выходе 8, при лог.1 — на выходе 9.

Микросхемы не имеют специального входа стробирования, однако для построения дешифраторов с числом выходов более десяти можно использовать для стробирования вход 8 микросхем, так как выходной сигнал может появиться на выходах 0—7 лишь при лог.0 на входе 8 (рис.89, 90).

Микросхема К176ИД2 (рис.91) — преобразователь двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора, включает в себя также триггеры, позволяющие запомнить входной код. Микросхема имеет четыре информационных входа для подачи кода 1—2—4—8 и три управляющих входа. Вход S, так же как и в микросхемах К176ИЕ3 и К176ИЕ4, определяет полярность выходных сигналов:

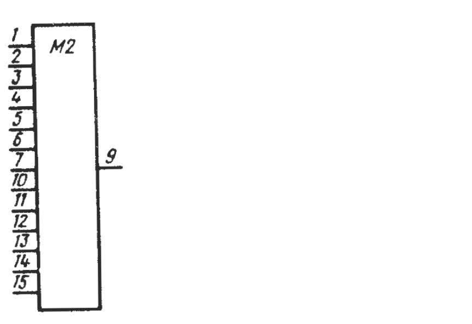


Рис.87. Микросхема К561СА1

Рис.88. Микросхемы К176ИД1 и К561ИД1

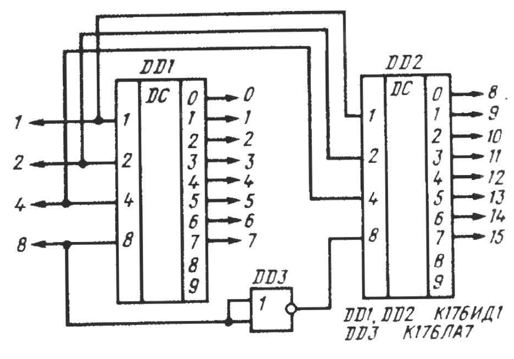


Рис.89. Дешифратор на 16 выходов

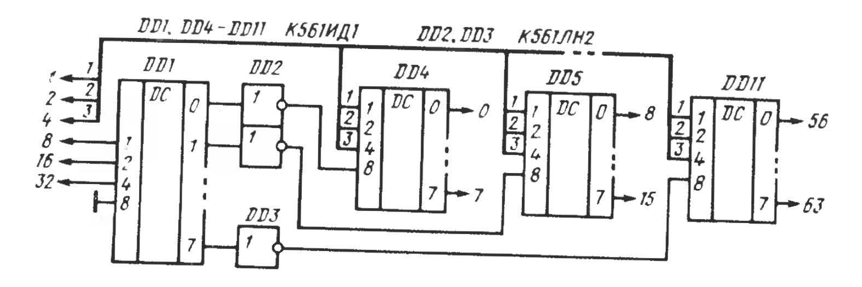


Рис.90. Дешифратор на 64 выхода

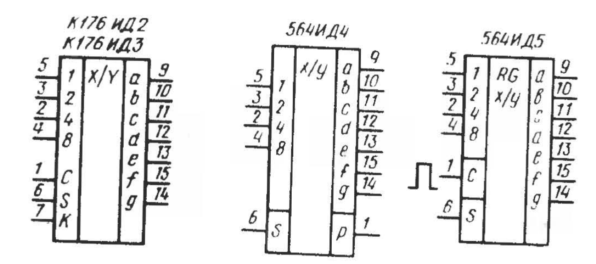


Рис.91. Микросхемы преобразователей кодов для семисегментного индикатора

при лог.1 на входе S на выходах лог.0 для зажигания сегментов, при лог.0 на входе S — лог.1 для зажигания. При подаче лог.1 на вход K происходит гашение индицируемого знака, лог.0 на входе K разрешает индикацию. Вход C управляет работой триггеров памяти — при подаче на вход C лог.1 триггеры превращаются в повторители и изменение входных сигналов на входах 1—8 вызывает соответствующее изменение выходных сигналов. Если же на вход C подать лог.0, происходит запоминание сигналов, имевшихся на входах перед подачей лог.0, микросхема на изменение сигналов на входах 1—8 не реагирует.

Согласование выходов микросхем К176ИД2 с семисегментными индикаторами может производиться так же, как и выходов счетчиков К176ИЕ3 и К176ИЕ4. Ток короткого замыкания микросхем К176ИД2 выше, чем у счетчиков, и численно в миллиамперах примерно равен напряжению питания в вольтах. Поэтому можно непосредственно подключать выходы микросхем К176ИД2 к электродам полупроводниковых семисегментных индикаторов серий АЛ305, АЛС321, АЛС324, помня, конечно, о том, что разброс яркости свечения при этом может быть заметен, а сама яркость может быть меньше номинальной.

Микросхема К176ИД3 имеет ту же разводку выводов и ту же логику работы, что и К176ИД2. Отличие заключается в том, что выходные каскады микросхемы выполнены с "открытым" стоком, поэтому их можно подключать непосредственно к анодам вакуумных люминесцентных индикаторов (рис.21 с исключенными сборками

DA1, DA2). Управляющий вход S микросхемы К176ИД3 должен быть при этом соединен с общим проводом.

Микросхема 564ИД4 — преобразователь двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора (рис.91), предназначена прежде всего для управления жидкокристаллическими индикаторами. Так же как и микросхема К176ИД2, преобразователь позволяет изменять полярность выходных сигналов подачей сигнала управления на вход S — при лог.0 включению сегментов соответствуют лог.1 на выходах a—g, при лог.1 на входе S включению сегментов соответствуют лог.0. Так же как и микросхема 564УМ1, микросхема имеет три вывода питания и увеличенную амплитуду выходных сигналов. Это позволяет при напряжении питания большей части микросхем 3...5 В управлять и такими жидкокристаллическими индикаторами, которые требуют напряжение 10...15 В.

Подключение жидкокристаллического индикатора к микросхеме 564ИД4 проиллюстрировано на рис.92. На вход S микросхемы подается меандр с частотой 30...200 Гц, этот сигнал проходит без инверсии на выход P, увеличиваясь по амплитуде, как это описано выше для микросхемы 564УМ1. При подаче на входы 1—8 двоичного кода знака на выходах, соответствующих сегментам, которые надо индицировать, напряжение начинает меняться в противофазе с напряжением на выходе P, и эти сегменты становятся темными. На тех же выходах, которые соответствуют неиндицируемым сегментам, напряжение меняется синфазно с напряжением на выходе P, и сегменты неотличимы от фона.

При подаче на входы кодов чисел 0—9 на индикаторе формируется изображение соответствующих цифр, для кодов 10—13 индицируются буквы L, H, P, A, для кода 14 — знак "минус", при подаче кода 15 происходит гашение индикатора.

Нагрузочная способность микросхемы такая же, как у 564УМ1, что позволяет использовать микросхему для управления светодиодными индикаторами как с общим анодом, так и с общим катодом без токоограничительных резисторов при напряжении питания 5...10 В и с ограничительными резисторами при 10...15 В.

Микросхема 564ИД5 отличается от 564ИД4 наличием на ее входах 1—4 статического регистра хранения информации со входом записи C и отсутствием выхода P (рис.91). Запись в регистр происходит так же, как и в регистр микросхем К176ИД2 и К176ИД3, при подаче на вход C импульса положительной полярности, регистр при этом "прозрачен" и пропускает на свои выходы (на входы преобразователя кода) информацию со входов. В режим хранения регистр переходит в момент спада входного импульса.

Интересно отметить, что одноименные входы и выходы микросхем К176ИД2, К176ИД3, 564ИД4, 564ИД5 разведены на выводы с одинаковыми номерами.

Рис.92. Подключение жидкокристаллического индикатора

На рис.93 приведен пример использования микросхем 564ИД5 и 564УМ1 для управления индикатором ИЖКЦ2-5/12. Этот пятиразрядный индикатор предназначен для использования в цифровом частотомере и кроме возможности индикации пяти цифр может индицировать четыре десятичные запятые (сегменты h) и символ "Гц", перед которым могут индицироваться символы "к" или "М".

На микросхемы DD1—DD5 подводятся коды цифр от микросхем счетчиков, на DD6 — лог.1 на вход D, соответствующий необходимой запятой, на остальные входы — лог.0. При подаче импульса положительной полярности на входы C происходит запоминание информации в регистрах микросхем. На входы D двух нижних триггеров микросхемы DD6 подаются разнополярные сигналы, а на входы S всех микросхем — меандр с частотой 30...200 Гц. В результате на выводы "Гц" и "Общ." индикатора HL1 приходят противофазные сигналы и символы "Гц" постоянно индицируются. При необходимости индикации символов "к" или "М" на соответствующие входы микросхемы DD7 следует подать лог.1, при отсутствии такой необходимости — лог.0.

Микросхема КР1561ИД6 — два стробируемых дешифратора на два входа и четыре прямых выхода (рис.94). При лог.0 на входе S лог.1 появляется на том выходе дешифратора, номер которого соответствует десятичному эквиваленту входного кода, поданному на входы 1 и 2. При лог.1 на входе S на всех выходах дешифратора лог.0.

Микросхема КР1561ИД7 — два аналогичных дешифратора с инверсными выходами (рис.94). Наличие инверсных выходов позволяет удобно использовать такую микросхему для стробирования дешифраторов при их соединении для увеличения числа входов (рис.95), а также описываемых далее мультиплексоров.

При необходимости построения дешифратора на восемь

Рис.93. Схема управления индикатором ИЖКЦ2-5/12

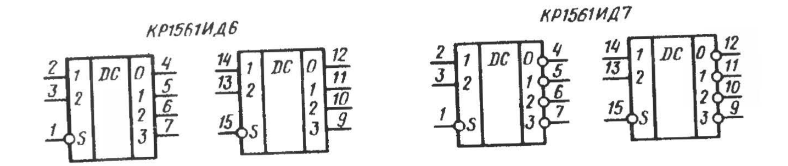


Рис.94. Микросхемы КР1561ИД6 и КР1561ИД7

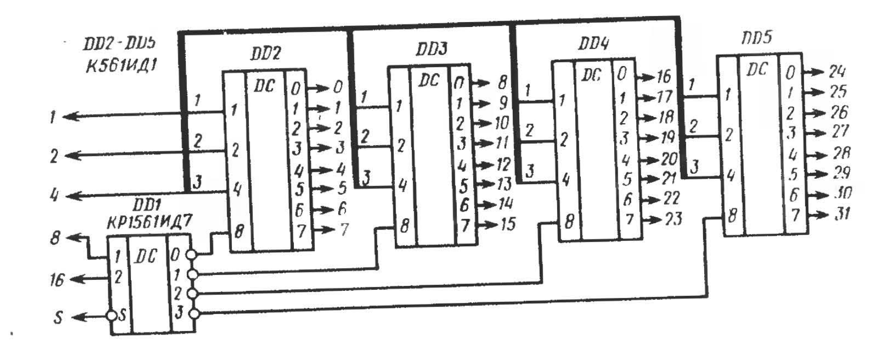


Рис.95. Дешифратор на 32 выхода

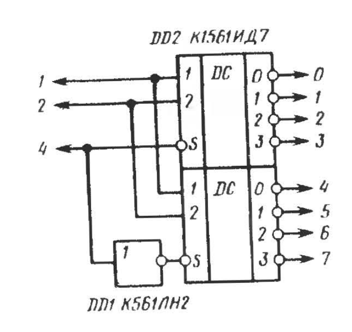


Рис.96. Дешифратор на 8 выходов

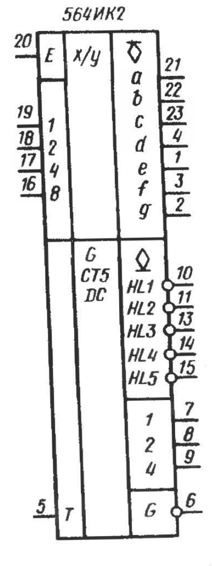


Рис.97. Микросхема 564ИК2

Рис.98. Форма индицируемых букв

выходов из микросхем КР1561ИД6 или КР1561ИД7 их следует дополнить одним инвертором (рис.96).

Микросхема 564ИК2 (рис.97) не является комбинационной, так же как при строгом отношении не являются комбинационными микросхемы К176ИД2, К176ИД3 и 564ИД5, содержащие регистры хра-

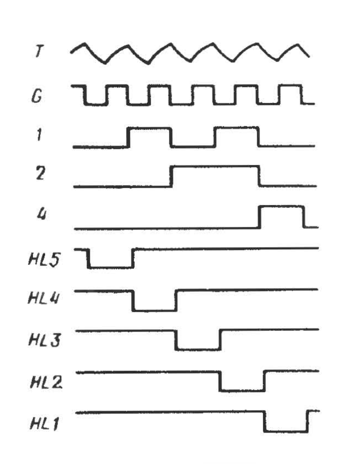


Рис.99. Временна́я диаграмма работы микросхемы 564ИК2

нения информации, но их удобно рассматривать в этом разделе как наиболее близкие к дешифраторам и преобразователям кода. Микросхема 564ИК2 предназначена для управления пятиразрядным полупроводниковым семисегментным индикатором или пятью отдельными индикаторами в динамическом режиме. Она содержит преобразователь двоичного кода 1—2—4—8 в код семисегментного индикатора (входы 1, 2, 4, 8 и E, выходы a, b, c, d, e, f, g), генератор на инвертирующем триггере Шмитта (вход T, выход G), счетчик-делитель на 5, вход которого подключен к выходу генератора. В свою очередь, выходы счетчика 1, 2, 4 подключены ко входам дешифратора, имеющего пять инверсных выходов HL1—HL5.

Преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора имеет выходы с открытым стоком транзисторов с каналом p-типа. Он обеспечивает на семисегментном индикаторе с общим катодом индикацию цифр 0—9 при подаче на его входы соответствующего двоичного кода и букв A, b, C, d, E, F при подаче кода, соответствующего десятичным числам от 10 до 15. Форма индицируемых букв показана на рис.98.

Преобразователь по техническим условиям обеспечивает при вытекающем выходном токе 10 мА и напряжении питания 10 В выходное напряжение не менее 9 В. В те моменты, когда на выходах преобразователя нет лог.1, выходы находятся в высокоимпедансном состоянии.

Разрешение на включение индикатора обеспечивается подачей на вход E лог.1, при лог.0 на этом входе происходит гашение индикатора.

Для нормальной работы генератора к его выводам следует подключить RC-цепь (резистор между выводами T и G, конденсатор между выводом T и общим проводом). Сопротивление резистора может составлять 10 кОм...5 МОм, емкость конденсатора 100 пФ и более. Частота генерации может быть приближенно определена по формуле

$$f = k/RC,$$

где k = 700, 400, 350 и 300 для напряжения питания 3, 5, 10 и 15 В соответственно; частота выражена в герцах, сопротивление — в килоомах, емкость — в микрофарадах. Для сопротивления резистора 100 кОм и емкости конденсатора 0,01 мкФ частота составляет 100...300 Гц, при такой частоте мельканья индикатора незаметны.

Счетчик при подаче на него импульсов от генератора обеспечивает на своих выходах 1, 2, 4 поочередное появление двоичных кодов чисел 0...4, а на выходах дешифратора HL5—HL1 лог.0 (рис.99).

Следует иметь ввиду, что в те моменты, когда на выходах HL5—HL1 нет лог.0, они находятся в высокоимпедансном состоянии, так как выполнены с открытым стоком транзисторов с каналом n-типа. По техническим условиям в состоянии лог.0 при напряжении питания 10 В и выходном втекающем токе 80 мА выходное напряжение не превышает 1 В.

Нагрузочная способность выходов счетчика 1, 2, 4 составляет 1,3 мА при напряжении питания 10 В и выходном напряжении 1 В в состоянии лог.0, такая же нагрузочная способность и при выходном напряжении 9 В в состоянии лог.1.

Входные импульсы тактовой частоты для работы счетчика могут быть поданы от внешнего генератора на вход T, в этом случае резистор и конденсатор не нужны, выход G не используется.

Схема включения микросхемы для работы на пять семисегментных индикаторов с общим катодом приведена на рис.100. Мультиплексоры DD2—DD5 служат для подачи на входы преобразователя микросхемы DD6 кодов индицируемых цифр с пятиразрядного источника (счетчика, регистра), мультиплексор DD1 с переключателем SA1 определяет положение запятой. Если запятая фиксирована, ее включение можно обеспечить в соответствии со схемой рис.101. Диод VD1 включен в разрыв проводника, идущего от выхода микросхемы DD6 рис.100 к катоду индикатора, в котором необходимо включить запятую (резистор R2 подключается к сегменту h этого индикатора). Диод необходим для исключения обратного смещения светодиодов индикатора.

Инвертор DD1.1 в схеме рис.101 — любой КМОП- инвертирующий элемент. Если в качестве DD1.1 использовать элемент микросхем К561ЛН2 или К176ПУ1, К176ПУ2, транзистор VT1 будет не нужен.

Вход E DD6 можно использовать не только для гашения индикаторов, но и для регулировки их яркости за счет изменения скважности подаваемых на этот вход импульсов, как это показано на рис.102. Дифференцирующая цепь R1 R2 C1 позволяет менять длительность импульсов, подаваемых на входы E микросхем DD6 и DD1 (рис.100) и элемента DD1.1 (рис.101). В последнем случае элемент DD1.1 должен иметь не менее двух входов и выполнять функцию ИЛИ-НЕ.

Аналогично можно подключать и пятиразрядный полупроводниковый индикатор АЛС311А.

Полупроводниковые индикаторы можно заменить вакуумными люминесцентными индикаторами (или одним многоразрядным), включив их в соответствии с рис.103. Используемые в этом случае p-n-p транзисторы должны быть кремниевыми с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 30 В. Так же как и при использовании полупроводниковых индикаторов, возможна регулировка яркости.

Реальная нагрузочная способность микросхемы значительно больше паспортной. При напряжении на выходах HL1—HL5 1 В выходной втекающий ток составляет около 70, 150, 270 и 350 мА при напряжении питания 3, 5, 10, 15 В соответственно. Выходной вытекающий ток по выходам a—g при выходном напряжении, на 1 В

меньшем напряжения питания, имеет значение примерно в 10 раз меньшее. Это позволяет подключать к выходам микросхемы при напряжении питания 10...15 В практически любые светодиодные индикаторы с общим катодом, подобрав соответствующим образом токоограничительные резисторы.

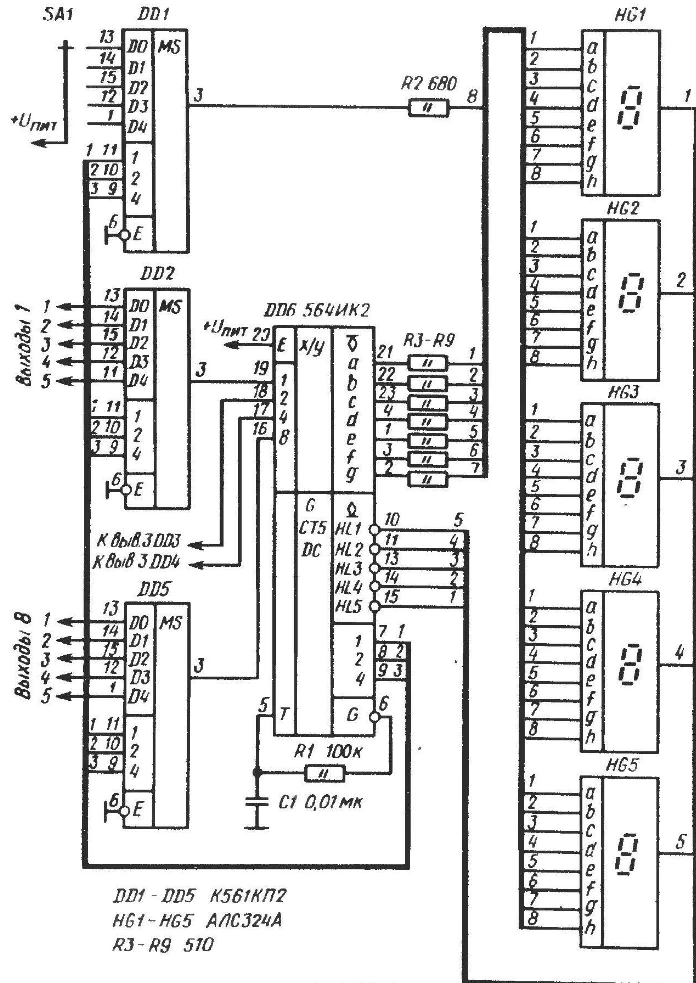


Рис.100. Схема включения микросхемы 564ИК2

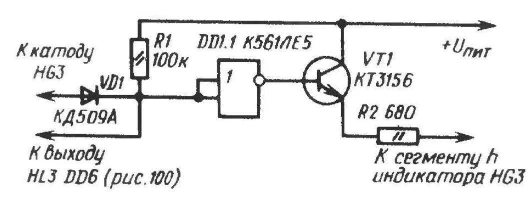


Рис.101. Индикация фиксированной запятой

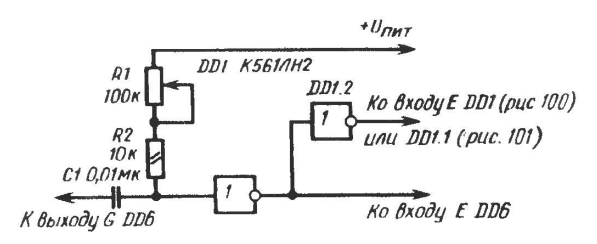


Рис.102. Схема регулировки яркости

При использовании полупроводниковых индикаторов с большим размером знаков (например, АЛС335А) и напряжении питания 5 В выходных токов микросхемы может не хватить для обеспечения нормальной яркости свечения. В этом случае выходы a—g следует умощнить семью эмиттерными повторителями на n-p-n транзисторах (например, КТ315), выходы HL1—HL5 — повторителями на p-n-p транзисторах средней мощности (например, КТ502).

Большие выходные токи по выходам HL1—HL5 позволяют использовать микросхему 564ИК2 в качестве распределителя с релейными выходами (рис.104). Обмотки реле в этом устройстве должны быть рассчитаны на напряжение питания микросхемы и на рабочий ток, не превышающий указанный выше для выходов HL1—HL5.

Полярность тока выходов HL1—HL5 удобна для непосредственного управления симисторами серии КУ208. На рис.105 приведена схема простейшего варианта "бегущих огней" с использованием микросхемы 564ИК2.

Неиспользуемые входы микросхемы в схемах рис.104 и 105 следует соединить с общим проводом или с плюсом питания.

Микросхемы К176ИМ1 и К561ИМ1 (рис.106) — полные четырехразрядные сумматоры.

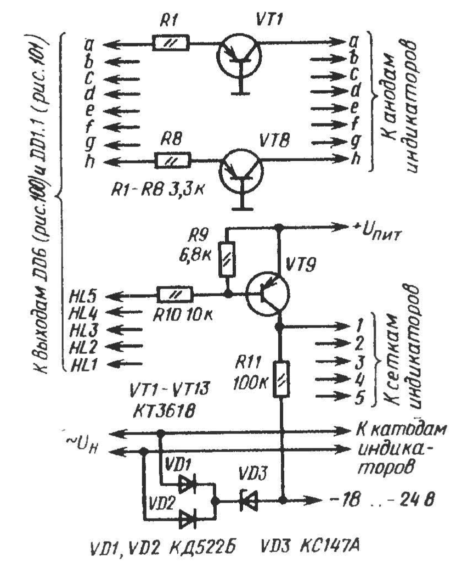


Рис.103. Подключение вакуумных люминесцентных индикаторов

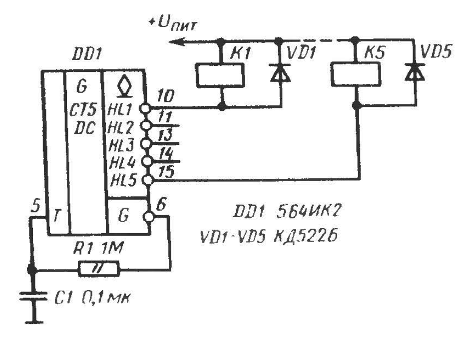


Рис.104. Распределитель с релейными выходами

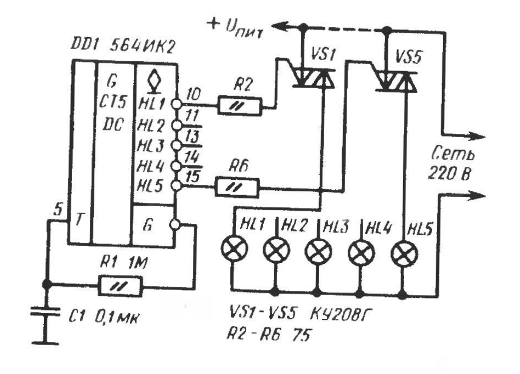


Рис.105. Простейший вариант "бегущих огней"

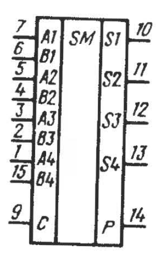


Рис.106. Микросхемы К176ИМ1 и К561ИМ1

На входы A1—A4 подается код одного из суммируемых чисел (A1— младший разряд), на входы B1—B4 — код второго числа, на вход C — перенос от предыдущей микросхемы. На выходах S1—S4 формируется код суммы чисел, на выходе P — сигнал переноса в следующую микросхему. В микросхеме, суммирующей младшие разряды многоразрядного двоичного числа, вход C соединяют с общим проводом.

Микросхема К561ИП2 (рис.107) служит для сравнения двух четырехразрядных двоичных или двоично-десятичных чисел. Она имеет четыре входа A1—A8 для подачи кода первого числа, четыре входа B1—B8 для подачи кода второго числа, входы переноса ">", "=", "<" и выходы переноса, обозначаемые аналогично.

Вход переноса ">" (вывод 4) избыточен, и для нормальной работы микросхемы на него должна постоянно подаваться лог.1. Если используется одна микросхема К561ИП2, на ее входы "=" и "<" следует подать соответственно лог.1 и лог.0. На выходе ">" появится лог.1, если число A, код которого подан на входы A1—A8, больше числа B,

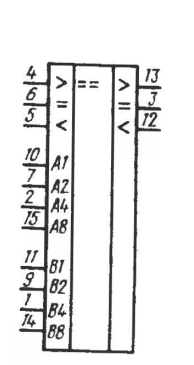


Рис.107. Микросхема К561ИП2

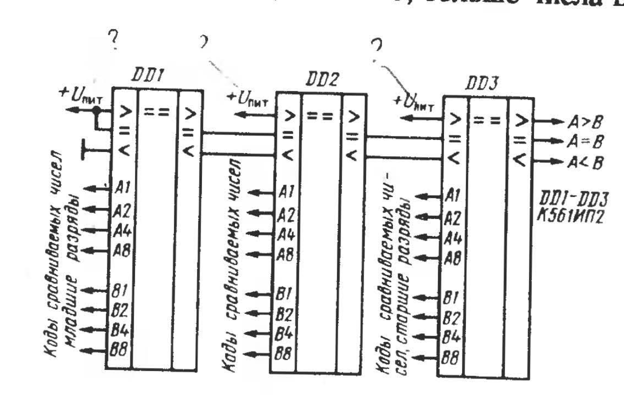


Рис.108. Соединение микросхем К561ИП2

код которого подан на входы B1—B8. На выходе "=" лог.1 появится при равенстве чисел A и B, на выходе "<" — если число A меньше B. При этом на других выходах будет лог.0.

Для обеспечения сравнения чисел с большим числом разрядов микросхемы следует соединять между собой так, как это показано на рис.108. Старшие разряды сравниваемых кодов следует подавать на микросхему DD3, младшие — на DD1.

Микросхемы К561ИП2 можно использовать в устройствах поиска записей в магнитофонах, для цифровой автоподстройки частоты, в делителях с переключаемым коэффициентом деления, в будильниках и во многих других случаях.

Микросхема К176ЛС1 — три двухвходовых независимых мультиплексора (рис.109). Если на управляющий вход A мультиплексора подать лог.0, на выход проходит сигнал со входа D0, если лог.1 — на выходе инверсия сигнала со входа D1. Если объединить входы D0 и D1, получится элемент Исключающее ИЛИ. При подаче лог.0 на вход D1 два оставшихся входа образуют входы элемента ИЛИ. Подав на входы A и D1 лог.0, получим неинвертирующий логический элемент с одним входом D0. Аналогично, подав лог.1 на входы A и D0, получим инвертор со входом D1. Такая гибкость микросхемы К176ЛС1 позволяет широко использовать ее в различных схемах.

Микросхема К561ЛС2 — четыре элемента ИЛИ—НЕ с общими входами стробирования (рис.110). Наиболее распространенное ее применение — мультиплексирование двух четырехразрядных источников цифрового сигнала. Если на управляющий вход 9 подать лог.1, на вход 14 — лог.0, на выходы 13, 12, 11, 10 пройдут сигналы со входов 15, 2, 4 и 6. Если лог.1 подать на вход 14, лог.0 — на вход 9, на выходы поступят сигналы со входов 1, 3, 5, 7. Если же лог.1 подать на оба управляющих входа 9 и 14, микросхема превратится в четыре независимых неинвертирующих элемента ИЛИ.

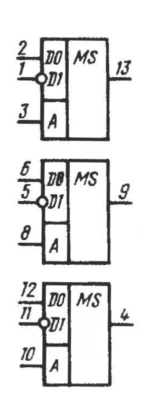


Рис.109. Микросхема К176ЛС1

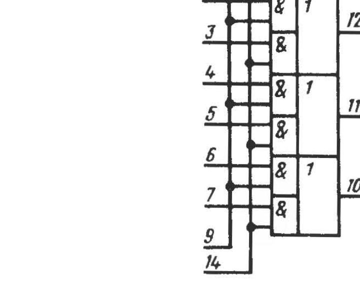


Рис.110. Микросхема К561ЛС2

Рис.111. Микросхемы К176КТ1, К561КТ3 и КР1561КТ3

Таблица 3

Напряжение источника питания, В	Сопротивление открытого ключа, Ом	
	К176КТ1	К561КТ3
3	400...∞	500...∞
5	200...∞	250...1000
9	100...1200	110...220
10	100...600	100...200
15	100...200	60...120

Микросхемы К176КТ1, К561КТ3, КР1561КТ3 (рис.111) содержат по четыре аналоговых ключа. Каждый ключ имеет три вывода — два информационных А и В и один управляющий С. При подаче на вход С лог.0 информационные выводы разомкнуты между собой и паспортный ток утечки между ними не превышает 2 мкА (реально значительно меньше). При подаче лог.1 на вход С сопротивление ключа уменьшается до нескольких сотен ом. Это сопротивление нелинейно и зависит от напряжения между информационным выводом, на который подается входной сигнал, и общим проводом. Максимальное сопротивление ключ имеет при указанном напряжении, близком к половине напряжения питания, минимальное — при напряжении, близком к нулю или напряжению питания.

В табл.3 приведены минимальное и максимальное сопротивления открытого ключа при изменении напряжения на его информационном входе при различных напряжениях питания. Как видно из таблицы, при напряжении питания 3...5 В ключ К176КТ1 может пропускать сигнал, лишь близкий к напряжению питания или нулю, т.е. только цифровой сигнал. Аналоговый сигнал, меняющийся в диапазоне от нуля до напряжения питания, ключ К176КТ1 может пропускать лишь при напряжении питания 9...15 В. Для ключей микросхемы К561КТ3 диапазон напряжений питания, при котором возможно пропускание аналогового сигнала, от 5 до 15 В. Для получения малых нелинейных искажений при коммутации аналоговых сигналов сопротивление нагрузки должно быть примерно 100 кОм и более. В любом случае амплитудные значения коммутируемого сигнала не должны быть выше напряжения источника питания и ниже нуля.

Микросхемы К561КП1 и КР1561КП1 содержат по два четырехвходовых мультиплексора. Микросхемы имеют два адресных входа 1 и 2, общие для обоих мультиплексоров, общий вход стробирования S, информационные входы Х0—Х3 первого мультиплексора и его выход, входы Y0—Y3 второго мультиплексора и его выход. Два варианта изображения микросхемы КП1 приведены на рис.112.

При подаче на адресные входы 1 и 2 двоичного кода адреса и на вход S лог.0 выходы мультиплексоров соединяют со входами, номера которых соответствуют десятичному эквиваленту кода адреса. Если на входе S лог.1, выходы мультиплексоров отключаются от входов и

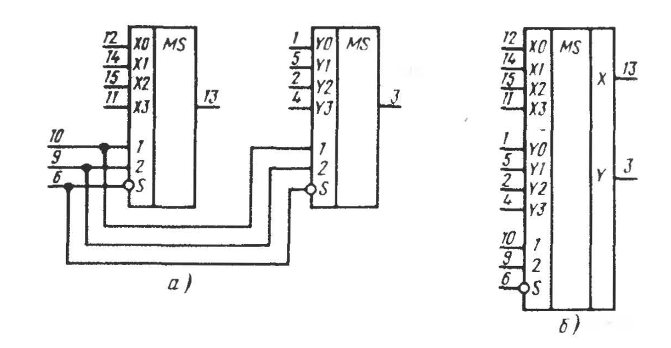


Рис.112. Структура микросхемы К561КП1 (*а*) и ее обозначение (*б*)

переходят в высокоимпедансное состояние. Соединение входов с выходом мультиплексора происходит аналогично соединению в микросхемах К176КТ1, К561КТ3 и КР1561КТ3 при помощи двунаправленных ключей на комплементарных МОП-транзисторах. Передаваемый через мультиплексор сигнал может быть как аналоговым, так и цифровым, он может передаваться как со входов на выход (микросхема работает в режиме мультиплексора), так и с выхода распределяться на входы (режим демультиплексора).

Особенностью микросхемы КП1 по сравнению с ранее рассмотренными ключами КТ1 и КТ3 является возможность коммутации аналоговых и цифровых сигналов с амплитудой от пика до пика, превышающей амплитуду входных управляющих сигналов, подаваемых на входы 1, 2, S.

Микросхема имеет три вывода для подачи напряжения питания: вывод 16 — $U_{пит1}$, вывод 7 — $U_{пит2}$, вывод 8 — общий провод. Напряжение $U_{пит1}$ должно быть положительным и находиться в пределах 3...15 В, напряжение $U_{пит2}$ равно нулю или отрицательное, сумма абсолютных величин $U_{пит1}$ и $U_{пит2}$ не должна превышать 15 В. Входные управляющие сигналы должны иметь уровни $U_{пит1}$ (лог.1) и 0 В (лог.0), коммутируемые сигналы могут находиться в диапазоне от $U_{пит1}$ до $U_{пит2}$. В табл.4 приведены некоторые возможные сочетания напряжений источников питания, управляющих сигналов, а так-

Таблица 4

Напряжения питания, В		Управляющие сигналы, В		Коммутируемый сигнал, В		Сопротивление открытого ключа, Ом
$U_{пит1}$	$U_{пит2}$	лог.1	лог.0	U_{max}	U_{min}	
3	0	3	0	3	0	300...3000
5	0	5	0	5	0	200...400
10	0	10	0	10	0	160...200
15	0	15	0	15	0	120...140
3	–6	3	0	3	–6	180...220
5	–5	5	0	5	–5	160...200
5	–10	5	0	5	–10	120...140
7,5	–7,5	7,5	0	7,5	–7,5	120...140

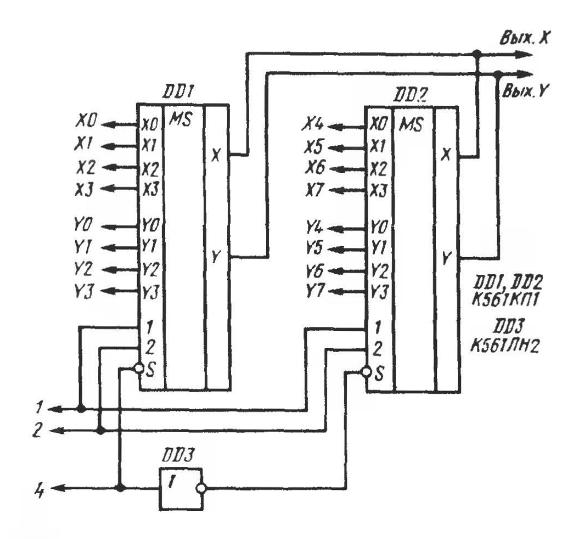


Рис.113. Два мультиплексора на 8 входов

же диапазон возможного изменения сопротивления открытого ключа мультиплексора. Максимальное сопротивление открытый ключ имеет при коммутируемом напряжении в середине допустимого диапазона напряжений, минимальное — на краях диапазона.

Для увеличения числа каналов мультиплексоров-демультиплексоров можно применить объединение выходов различных микросхем между собой. На рис.113 приведена схема соединения двух микросхем для получения двух восьмиканальных мультиплексоров-демультиплексоров. Код, подаваемый на входы 1, 2, 4, определяет, какой из входов X0—X7, Y0—Y7 будет соединен с выходами X и Y.

Для получения большего числа каналов входами стробирования микросхем КП1 следует управлять от дешифратора КР1561ИД7, через инверторы от дешифраторов КР1561ИД6, К561ИД1 (рис.114) или от счетчиков К561ИЕ8 или К561ИЕ9.

Если необходим один мультиплексор-демультиплексор на большее число входов, возможно последовательное соединение микросхем. На рис.115 приведена схема последовательного включения микросхем для организации устройства на восемь каналов, на рис.116 — на 16 каналов.

Вторую ступень мультиплексирования можно выполнить на микросхемах К176КТ1, К561КТ3 или КР1561КТ3. Для примера на рис.117 приведена схема мультиплексора-демультиплексора на восемь каналов. Если необходимо мультиплексирование лишь цифровых сигналов, вторая ступень мультиплексора может быть выполнена на микросхеме К561ЛС2, при этом вход стробирования S должен быть соединен с общим проводом (рис.118).

Рис. 114

Рис. 116

Рис. 115

Рис.114. Два мультиплексора на 16 входов

Рис.115. Мультиплексор на 8 входов

Рис.116. Мультиплексор на 16 входов

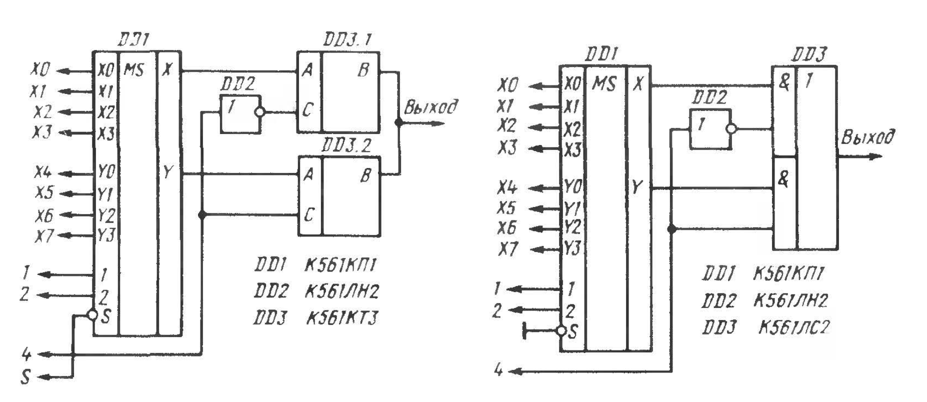


Рис.117. Мультиплексор на 8 входов

Рис.118. Цифровой мультиплексор на 8 входов

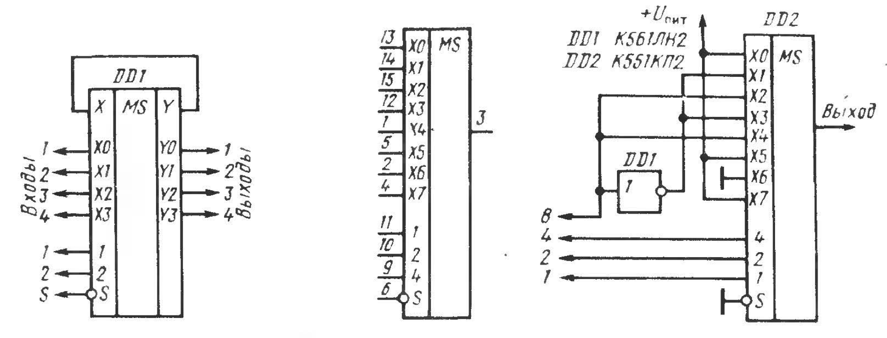


Рис.119. Микросхема К561КП1 в качестве четырех ключей

Рис.120. Микросхема К561КП2

Рис.121. Генератор электронного календаря

Одну микросхему К561КП1 или КР1561КП1 можно использовать как четыре ключа, управляемых двухразрядным кодом (рис.119). В зависимости от кода, поданного на входы 1 и 2, могут быть соединены выводы X0 и Y0, X1 и Y1 и т.д.

Микросхемы К561КП2 и КР1561КП2 — восьмиканальные мультиплексоры-демультиплексоры (рис.120), их характеристики, назначение выводов, способы включения такие же, как микросхем К561КП1 и КР1561КП1.

Микросхемы КП1 и КП2 могут быть использованы в устройствах динамической индикации, для опроса различных датчиков цифровых и аналоговых сигналов, в качестве дешифраторов, для распределения сигналов, принятых по одному проводу, по различным потребителям.

Интересным применением мультиплексоров является генерация произвольной функции входного кода. Для примера на рис.121 приведена схема генерации сигнала, равного лог.1 для входных кодов, соответствующих десятичным числам 1, 3, 5, 7, 8, 10 и 12, и лог.0 для входных кодов 2, 4, 6, 9 и 11. Такой генератор можно использовать в

электронном календаре для определения числа дней в текущем месяце — лог.1 соответствует 31 дню, лог.0 — 30 дням (кроме февраля). Нетрудно видеть, что один мультиплексор на К входов позволяет построить генератор произвольной функции от одного входного кода, принимающего К значений, а мультиплексор и инвертор — функцию на 2К значений входного кода. В данном примере (рис.121) применен мультиплексор на восемь входов, входной код принимает 12 значений, остальные четыре значения не используются.

Отметим, что генерацию указанной функции для календаря можно осуществить значительно проще — при помощи одного элемента Исключающее ИЛИ из микросхем К176ЛП2, К561ЛП2 или КР1561ЛП2 (рис.122).

Микросхема К561ЛП13 содержит три трехвходовых мажоритарных клапана (рис.123). Выходной сигнал мажоритарного клапана соответствует входным сигналам на большинстве входов, т.е. если лог.1 присутствует на двух или трех входах — на выходе лог.1, если лог.1 только на одном входе или на всех входах лог.0 — на выходе лог.0. Подав на один из входов мажоритарного клапана лог.0, получаем двухвходовый неинвертирующий элемент И, подав лог.1, — элемент ИЛИ. Повторитель можно получить, объединив все три входа или подав на один вход лог.1, на другой — лог.0.

Микросхема К561ИК1 — три элемента, которые могут работать в двух режимах: как мажоритарные клапаны и как мультиплексоры на три входа (рис.124). Все три элемента имеют два общих управляющих входа, обозначенных на рис.124 цифрами 1 и 2. При подаче на оба управляющих входа лог.0 элементы работают как мажоритарные клапаны микросхемы К561ЛП3.

Если же хотя бы на одном из управляющих входов лог.1, элементы выполняют функции мультиплексоров. Выходной сигнал мультиплексора соответствует сигналу входа, номер которого в двоичном коде подан на входы 1 и 2. При лог.1 на входе 1 и лог.0 на входе 2 — это сигнал со входа D1, при лог.1 на входе 2 и лог.0 на входе 1 — это D2, при лог.1 на обоих входах — D3.

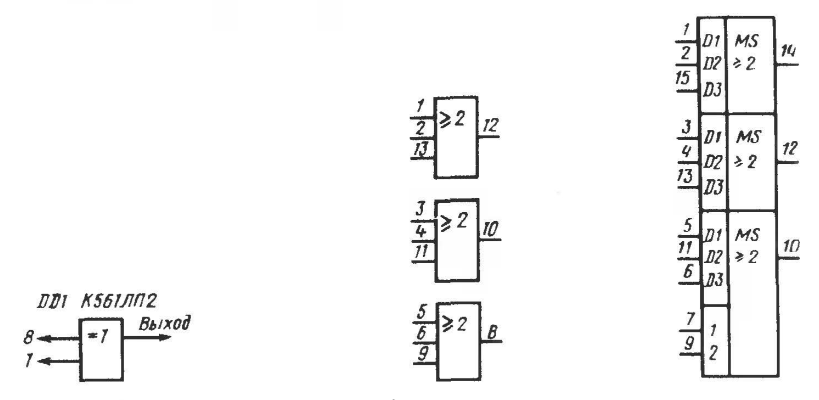


Рис.122. Простейший вариант генератора электронного календаря

Рис.123. Микросхема К561ЛП13

Рис.124. Микросхема К561ИК1

Основное применение мажоритарных клапанов — использование в системах с мажоритарным резервированием. Идея мажоритарного резервирования — построение устройства, от которого требуется высокая надежность, в виде трех идентичных устройств, выходные сигналы которых объединены при помощи мажоритарных клапанов. В этом случае выход из строя одного из устройств не приводит к появлению неправильных выходных сигналов мажоритарных клапанов, так как их выходные сигналы определяются сигналами двух исправных устройств. Если каждое из трех устройств разбить на несколько блоков, между которыми встроить мажоритарные клапаны, можно еще больше повысить надежность устройства в целом. На рис.125 приведен пример схемы сложного устройства, не выходящего из строя при отказе его двух блоков, например DD1 и DD7. Если мажоритарные клапаны установить и на выходы блоков DD9—DD11, любой из этих блоков также может отказать, что не приведет к выходу из строя устройства в целом.

Возможность мультиплексирования в микросхемах К561ИК1 позволяет повысить отказоустойчивость устройств. Если в устройство ввести блок DD12, определяющий, какие из блоков отказали, можно сохранить работоспособность устройства в целом даже при выходе из строя большинства блоков. Например, если откажут блоки DD1, DD2, DD6, DD7, а блок управления DD12, определив это, выдаст на микросхему DD4 код 11, на DD8 — 10, на блоки DD5—DD7 поступят сигналы с исправного блока DD3, на DD9—DD11 — с DD5, и устройство сохранит работоспособность в целом.

Интересный вариант использования мажоритарного клапана в качестве RS-триггера приведен на рис.126,*а*. Нормально на входе S должен быть лог.0, на входе R — лог.1. В этом случае триггер может находиться в одном из двух устойчивых состояний. При подаче на вход S лог.1 по крайней мере на двух входах мажоритарного клапана будет присутствовать лог.1, на выходе появится лог.1, она сохранит-

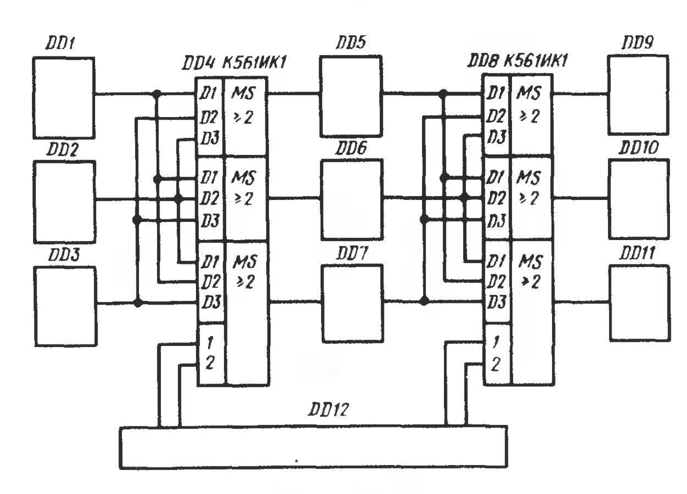


Рис.125. Мажоритарно-резервированное устройство

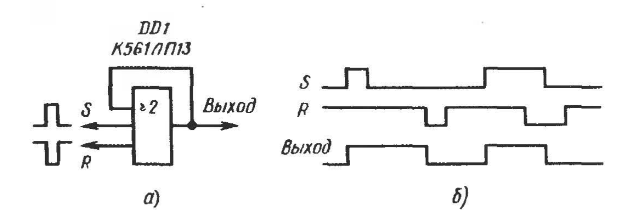


Рис.126. Триггер на микросхеме К561ЛП13 (*а*) и временная диаграмма его работы (*б*)

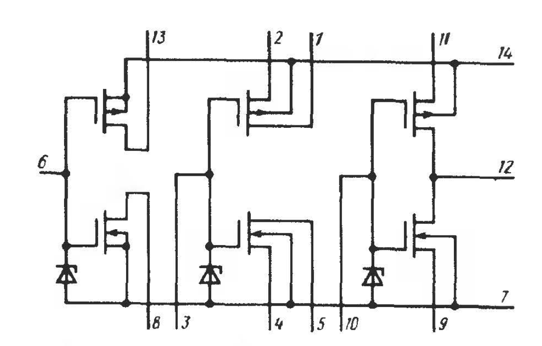


Рис.127. Микросхема К176ЛП1

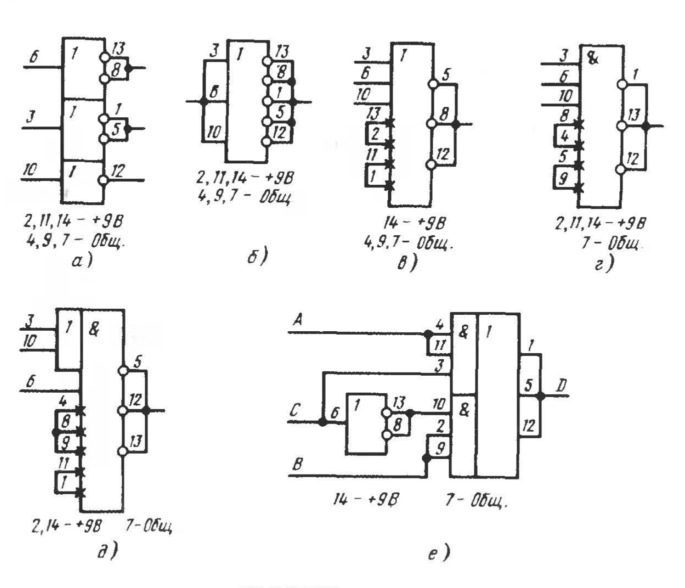


Рис.128. Использование микросхемы К176ЛП1:
а — как трех инверторов; *б* — как мощного инвертора; *в* — как элемента ЗИЛИ—НЕ; *г* — как элемента ЗИ-НЕ; *д* — как элемента ИЛИ-И-НЕ; *е* — как двухвходового мультиплексора

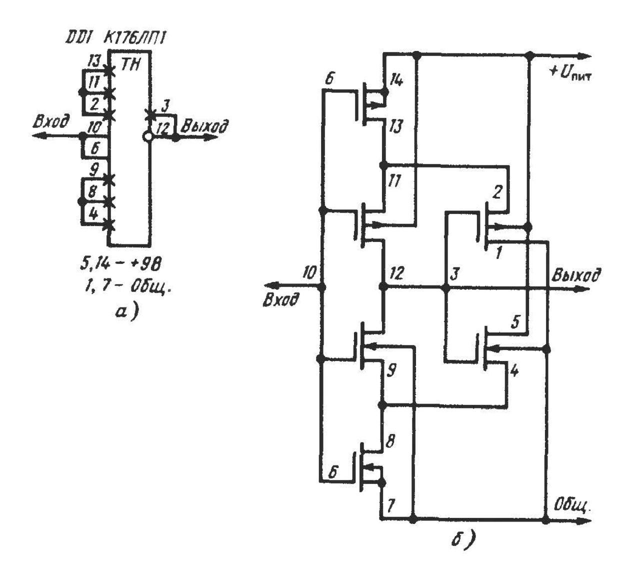


Рис.129. Триггер Шмитта на микросхеме К176ЛП1:
а — схема соединений выводов микросхемы; *б* — принципиальная схема

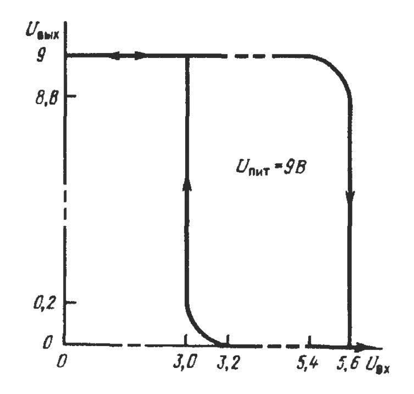


Рис.130. Статическая переключательная характеристика триггера Шмитта

ся при восстановлении на входе S лог.0 (рис.126,*б*). Аналогично произойдет переключение триггера в состояние 0 при подаче лог.0 на вход R. При строго одновременной подаче лог.1 на вход S и лог.0 на вход R триггер должен сохранить исходное состояние, но лучше такого варианта подачи сигналов не допускать.

Микросхема К176ЛП1 (рис.127) занимает особое место среди других КМОП-микросхем. В нее входят три МОП-транзистора с каналом p-типа и три транзистора с каналом n-типа, частично соединенные между собой. Путем внешних соединений из этой микросхемы можно получить три отдельных инвертора (рис.128,*а*), инвертор с

мощным выходом (рис.128,*б*), трехвходовый элемент ИЛИ—НЕ (рис.128,*в*), трехвходовый элемент И—НЕ (рис.128,*г*), элемент ИЛИ—И—НЕ, отсутствующий в КМОП-сериях микросхем (рис.128,*д*), мультиплексор на два входа (рис.128,*е*).

Мультиплексор по схеме рис.128,*е* пропускает сигнал со входа А на выход D при лог.1 на входе С и со входа В на выход D при лог.0 на входе С. Мультиплексор обратим — при подаче входного сигнала на выход D он будет проходить на вход А при лог.1 на входе С и на вход В при лог.0 на входе С.

Так же как и для ключей К176КТ1, К561КТ3 и КР1561КТ3, пропускаемый сигнал может быть цифровым или аналоговым и не должен выходить за пределы напряжения питания.

На рис.129 приведена схема триггера Шмитта, который можно собрать, используя микросхему К176ЛП1. Триггер состоит из двух симметричных половин, каждая — из трех МОП-транзисторов с каналом p- или n-типа. Каждая из половин напоминает по построению обычный триггер Шмитта на двух биполярных транзисторах, в котором эмиттерный резистор заменен на еще один МОП-транзистор, а в качестве нагрузочных резисторов использован триггер Шмитта на транзисторах дополнительной структуры. На рис.130 приведена переключательная характеристика триггера Шмитта.

Выходы большинства микросхем серий К176 и К561 (а у КР1561 — всех) дополнены буферными каскадами, поэтому перегрузка выходов сложных микросхем и даже замыкание выходов на общий провод или цепь питания не влияют на работу микросхем по другим выходам. Кроме того, переключательные характеристики простых логических элементов имеют значительно более крутой средний участок, чем это показано на рис.2. Поэтому, если по какой-либо причине необходима плавная переключательная характеристика, следует использовать микросхему К176ЛП1, включенную по одной из схем рис.128,*а*—*д*.

1.5. ЖДУЩИЕ МУЛЬТИВИБРАТОРЫ

Ждущие мультивибраторы нельзя однозначно отнести ни к комбинационным, ни к последовательностным микросхемам, так как внутренняя память этих микросхем помнит изменение входных сигналов ограниченное время, после чего состояние выходов микросхемы ни от чего не зависит.

Микросхема КР1561АГ1 — два ждущих мультивибратора (рис.131). Каждый из мультивибраторов микросхемы имеет два входа для запуска А и В, вход сброса R, выводы С и RC для подключения времязадающих цепей, прямой и инверсный выходы.

Обязательным условием запуска является наличие лог.1 на входе R. Для запуска необходимо подать фронт положительного импульса на вход А при лог.0 на входе В или фронт отрицательного импульса на вход В при лог.0 на входе А. Другими словами, входы А и В являются прямым и инверсным входами запуска, собранными по схеме ИЛИ.

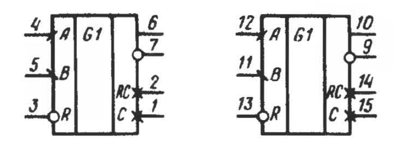


Рис.131. Микросхема КР1561АГ1

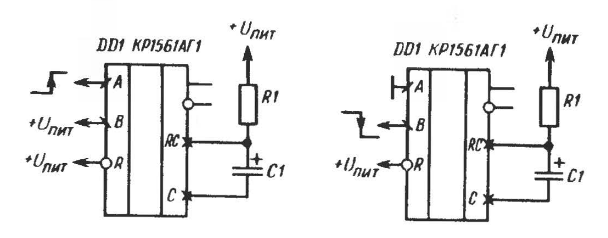


Рис.132. Включение микросхемы КР1561АГ1

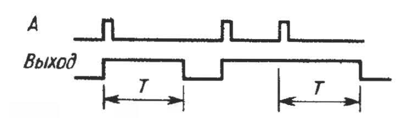


Рис.133. Перезапуск ждущего мультивибратора

Подача лог.0 на вход R запрещает запуск мультивибраторов микросхемы и прерывает генерацию импульса, если запуск уже произошел.

Два описанных выше варианта запуска приведены на рис.132. Подключение времязадающих цепей показано на тех же рисунках. Рекомендуемое сопротивление времязадающих резисторов не менее 1 кОм, сверху ограничение определяется лишь утечками времязадающего конденсатора и монтажа и составляет единицы — десятки мегаом. Емкость времязадающего конденсатора не ограничена как сверху, так и снизу. Длительность генерируемого импульса можно рассчитать по следующей формуле:

$$T = (0,3...0,5)RC.$$

При расчетах удобно пользоваться размерностями: МОм, мкФ, с; кОм, мкФ, мс; кОм, нФ, мкс. При емкости конденсатора менее 10 нФ реальная длительность импульса получается большей, чем при расчете по этой формуле.

Ждущие мультивибраторы микросхемы КР1561АГ1 обладают способностью повторного запуска. Если во время генерации выходного импульса повторно выполнится условие запуска, произойдет перезапуск, и длительность выходного импульса увеличится на интервал времени между запускающими импульсами (рис.133).

Исключить повторный запуск при необходимости можно, соединив вход В с инверсным выходом микросхемы, в этом случае мультивибратор будет запускаться фронтом положительного импульса, подаваемого на вход А, или соединив вход А с прямым выходом, в этом случае запуск будет производиться фронтом отрицательного импульса на входе В.

При использовании микросхем КР1561АГ1 следует помнить, что они весьма легко запускаются как от помех по цепи питания, так и по входным цепям. Для исключения ложных запусков необходимо в непосредственной близости от микросхем установить по цепи питания блокировочные конденсаторы емкостью не менее 15 нФ, а проводники входных и времязадающих цепей выполнять минимальной длины.

Выводы 1 и 15 внутри корпуса микросхемы подключены к общему проводу (выводу 8), вне корпуса их и времязадающий конденсатор подключать к общему проводу не рекомендуется.

2. ФОРМИРОВАТЕЛИ И ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ

В цифровых устройствах на микросхемах большую роль играют различные формирователи импульсов (от кнопок и переключателей), формирователи импульсов из сигналов с пологими фронтами, дифференцирующие цепи, а также мультивибраторы. В данном разделе рассмотрены некоторые вопросы построения таких формирователей и генераторов на КМОП-микросхемах.

Как известно, непосредственная подача сигналов от механических контактов на входы интегральных микросхем допустима не всегда из-за так называемого дребезга — многократного неконтролируемого замыкания и размыкания контактов в момент их переключения.

Если входы, на которые подается сигнал, нечувствительны к дребезгу, например входы установки триггеров и счетчиков, непосредственная подача сигналов допустима (рис.134). Подача сигналов на счетные входы требует специальных мер по подавлению дребезга, без них возможно многократное срабатывание триггеров и счетчиков.

В устройствах на КМОП-микросхемах вполне применимы меры по борьбе с дребезгом, известные из опыта работы с ТТЛ-микросхемами, например включение статического триггера на двух элементах И—НЕ (рис.135,*а*,*б*) или ИЛИ—НЕ.

Однако чрезвычайно высокое входное сопротивление КМОП-микросхем (порядка сотен и тысяч мегаом) и относительно высокое выходное сопротивление (сотни ом — один килоом) позволяет упростить цепи подавления дребезга, исключив резисторы (рис.135,*в*,*г*). Вариантом схемы рис.135,*г* является устройство по схеме рис.135,*д*, собранное всего лишь на одном неинвертирующем логическом элементе.

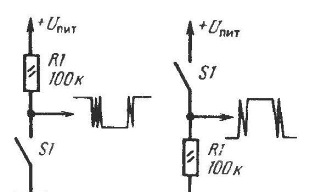


Рис.134. Импульсы с дребезгом на контактах кнопки

Здесь следует сказать несколько слов о неинвертирующих логических элементах КМОП-серий. Большинство логических элементов этих серий являются инвертирующими. Неинвертирующими являются микросхемы К176ПУ3, К561ПУ4, КР1561ПУ4, К176ПУ5, 564ПУ6, К561ПУ8, К561ЛН3, К176ЛП2, К561ЛП2, К561ЛП13, К561ЛП14, К176ЛС1, К176ЛС2, К176ЛИ1, КР1561ЛИ2, К561ИК1. Как указывалось выше, микросхемы, содержащие в своем обозначении буквы ПУ, служат для согласования микросхем КМОП с ТТЛ-микросхемами. По этой причине их выходные токи при подаче на их выходы напряжения питания или соединении выходов с общим проводом в устройстве по схемам рис.135,*в—д*, могут достигать многих десятков миллиампер, что отрицательно сказывается на надежности устройств и может служить мощным источником помех. В мультивибраторах и триггерах Шмитта, описываемых ниже, также невыгодно применять такие микросхемы из-за больших токов, потребляемых ими в процессе плавного изменения входного сигнала. По тем же причинам не рекомендуется в описываемых здесь устройствах использовать инвертирующие микросхемы К176ПУ1, К176ПУ2, К561ЛН1, К561ЛН2.

Поэтому в дальнейшем под неинвертирующим логическим элементом подразумевается или два последовательно включенных любых инвертирующих элемента (кроме отмеченных выше), или микросхема КР1561ЛИ1, или микросхемы К176ЛП2, К561ЛП2, К561ЛП13, К561ЛП14, К176ЛС1, К561ЛС2, К561ИК1, включенные как неинвертирующие элементы. О возможности их применения в качестве неинвертирующих указано в первом разделе книги. Иногда удобно в качестве неинвертирующего элемента использовать свободный триггер микросхемы К176ТМ2 или К561ТМ2 (рис.136).

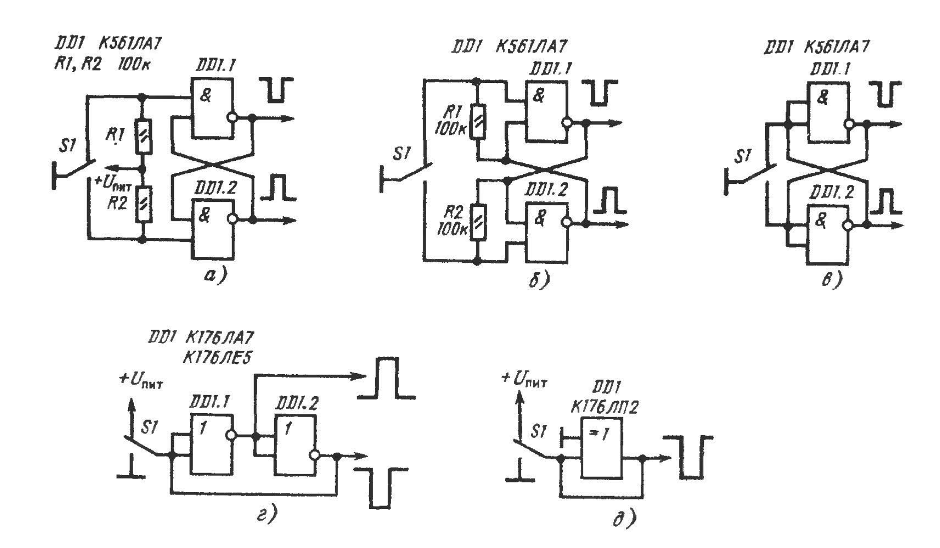


Рис.135. Подавление дребезга при помощи триггера:
а — стандартная схема; *б* — схема с пониженной мощностью потребления; *в* — схема без резисторов; *г* — с управлением по выходу; — на неинвертирующем логическом элементе

Микросхему К176ЛИ1 также можно применять как неинвертирующий элемент рассматриваемых далее устройств, однако это не очень удобно, так как в одной микросхеме содержится всего один девятивходовый неинвертирующий элемент И и один инвертор.

Большое входное сопротивление КМОП-микросхем позволяет в некоторых случаях обойтись вообще без активных элементов для подавления дребезга. На рис.137,*а* приведена схема подачи импульсов от кнопки на счетный вход триггера или счетчика. Конденсатор С1 в исходном состоянии заряжен до напряжения питания. При нажатии на кнопку размыкание нормально замкнутого контакта не приводит к изменению напряжения на конденсаторе С1. Первое касание подвижного и нормально разомкнутого контакта повлечет за собой быстрый разряд конденсатора С1, и напряжение на нем станет равным нулю. Дальнейший дребезг контактов не приводит к изменению напряжения на конденсаторе. Недостатком схемы является опасность наводок помех на проводник, соединяющий кнопку и вход микросхемы. Если наводки действительно возникают, этот проводник следует заэкранировать.

Все рассмотренные схемы подавления дребезга требуют применения кнопок с переключающими контактами. Если выполнение этого требования затруднено, возможно использование устройств по схемам рис.137,*б* и *в*. Цепь на схеме рис.137,*б* формирует короткий импульс отрицательной полярности (примерно 0,7 мкс на уровне 0,5) в

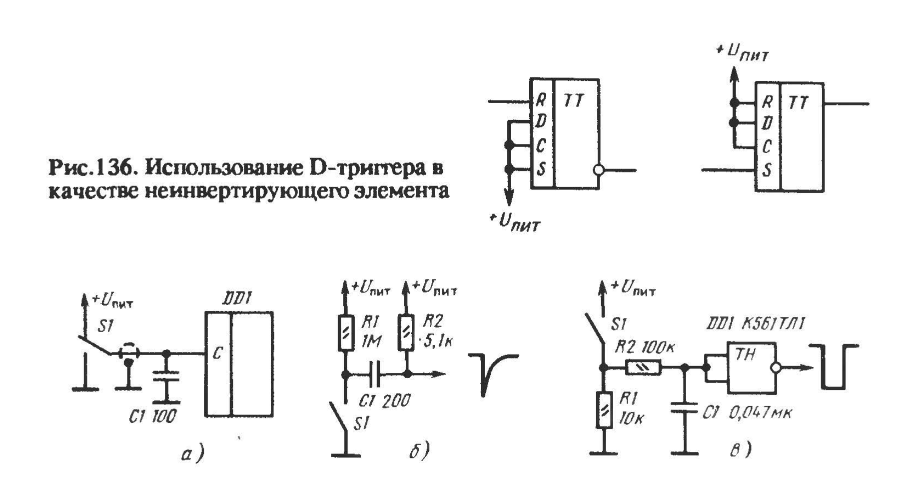


Рис.136. Использование D-триггера в качестве неинвертирующего элемента

Рис.137. Формирование импульсов без активных элементов (*а*), формирование короткого импульса от кнопки (*б*), формирование длинного импульса с помощью триггера Шмитта (*в*)

момент первого касания контактов кнопки, в результате которого конденсатор C1 быстро заряжается через резистор R2. Дальнейший дребезг контактов кнопки не влияет на выходное напряжение, так как разряд конденсатора C1 происходит через резистор R1 значительно большего сопротивления, чем R2.

Если необходимо получить длительность выходного импульса, равную длительности нажатия на кнопку с одной парой контактов, можно использовать подавление дребезга при помощи интегрирующей цепи и триггера Шмитта (рис.137,*в*). Дребезг импульса на резисторе R1 сглаживается цепью R2 C1. Триггер Шмитта DD1 формирует крутые фронты выходного сигнала.

Для подавления дребезга контактов кнопки с одной парой контактов можно использовать цепь, три варианта схемы которой приведены на рис.138. Цепь, показанная на схеме рис.138,*а*, по функционированию близка интегрирующей цепи и триггеру Шмитта рис.137,*в*. В исходном состоянии на входе и выходе цепи лог.1. При замыкании кнопки S1 на левой обкладке конденсатора C1 напряжение начинает снижаться и, если постоянная времени R2 C1 выбрана достаточно большой, достигает порога переключения элемента DD1.1 после прекращения дребезга. Элементы DD1.1 и DD1.2 переключаются, на выходе появляется лог.0. Положительная обратная связь обеспечивает крутые фронты сигнала на выходе элемента DD1.2. При размыкании контактов переключение происходит аналогично. В результате на выходе цепи формируется импульс, длительность которого соответствует времени замыкания контактов, а фронт и спад импульса несколько задержаны относительно моментов замыкания и размыкания контактов (рис.138,*б*).

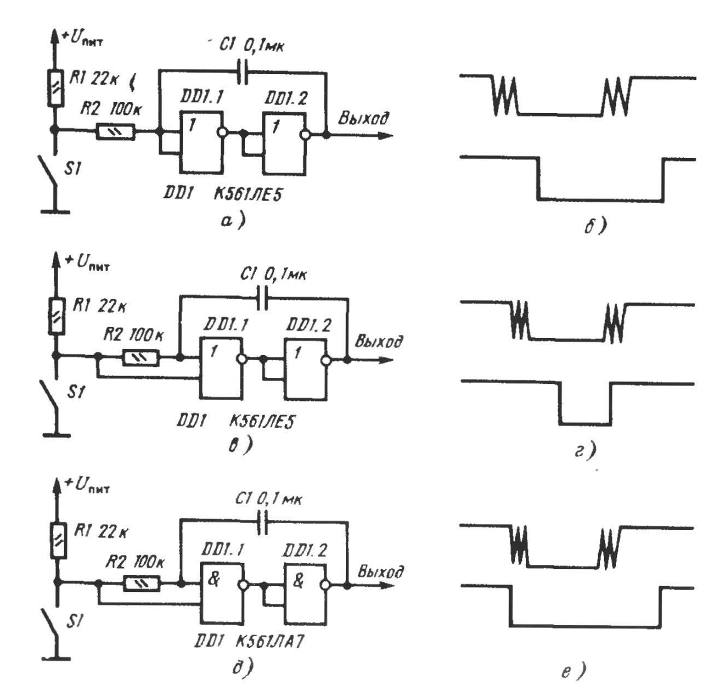


Рис.138. Цепи подавления дребезга кнопки с одной парой контактов: *а* — с задержкой включения и выключения; *в* — с задержкой включения; *д* — с задержкой выключения; *б, г, е* — временные диаграммы их работы

Если необходимо получить фронты выходного сигнала точно в моменты размыкания или замыкания кнопки, можно использовать варианты цепи по схемам рис.138,*в* и *д*. Первая из них (рис.138,*в*) при замыкании кнопки формирует на выходе лог.0 аналогично цепи рис.138,*а*. При размыкании кнопки лог.1 поступает на нижний по схеме вход элемента DD1.1, оба элемента DD1.1 и DD1.2 переключаются, лог.1 с выхода элемента DD1.2 через конденсатор C1 поступает на вход элемента DD1.1 и удерживает его во включенном состоянии на время дребезга контактов кнопки S1 (рис.138,*г*).

Аналогично работает цепь, показанная на схеме рис.138,*д*, однако ее включение происходит при первом замыкании контактов кнопки S1, выключение — после окончания дребезга разомкнувшейся кнопки (рис.138,*е*).

Переключатели с взаимовыключением можно построить на основе многостабильного триггера. Вариант схемы переключателя на три положения приведен на рис.139. При включении питания лог.0 с разряженного конденсатора C1 через диод VD1 поступает на входы элементов DD1.1 и DD1.2 и выключает их. На их выходах появляются лог.1, которые, поступая через резисторы R1 и R2 на входы элемента DD1.3, включают его, и лог.0 с его выхода удерживает элементы DD1.1 и DD1.2 в выключенном состоянии и после заряда конденсатора C1 через резистор R4. Таким образом, в исходном состоянии на выходах 1 и 2 — лог.1, на выходе 3 — лог.0.

При нажатии на кнопку SB1 на выходах 2 и 3 появляется лог.1, на выходе 1 — лог.0. Аналогично при нажатии на кнопку SB2 лог.0 появляется на выходе 2, на кнопку SB3 — на выходе 3. Переключение выходных сигналов происходит без дребезга.

При одновременном нажатии двух или трех кнопок на всех трех входах появляется лог.1, что соответствует отсутствию активных выходных сигналов. При отпускании кнопок лог.0 появится на выходе, соответствующем последней нажатой кнопке. Однако снятие и появление выходных сигналов при нажатии нескольких кнопок происходят без подавления дребезга.

Недостатком такого переключателя является также необходимость применения логических элементов с большим числом входов для построения переключателей на большое число положений. Для переключателя на четыре положения необходимо че-

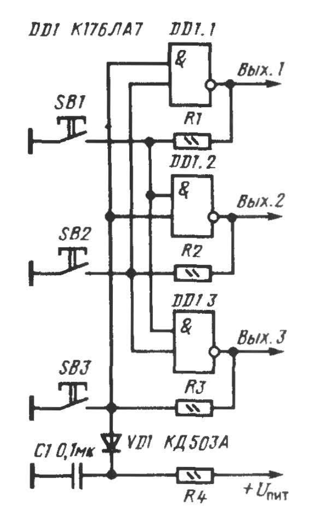


Рис.139. Переключатель с взаимовыключением на основе трехстабильного триггера

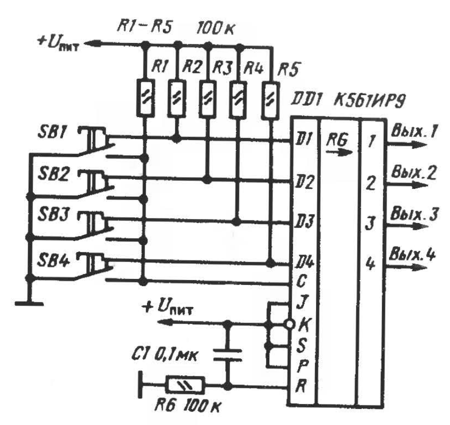


Рис.140. Переключатель на микросхеме К561ИР9

тыре трехвходовых элемента И—НЕ (ИЛИ—НЕ), для переключателя на пять положений — пять четырехвходовых элементов. При большем числе положений переключатели целесообразно строить на других принципах.

На рис.140 приведена схема переключателя на четыре положения. При включении питания цепь C1 R6 устанавливает все триггеры микросхемы DD1 в нулевое состояние. При нажатии любой из кнопок, например SB1, в момент размыкания верхнего по схеме контакта кнопки на вход D1 микросхемы приходит лог.1, в момент замыкания нижнего контакта на вход C — лог.0. При размыкании кнопки изменение сигнала на входе C с лог.0 на лог.1 приведет к установке триггера со входом D1 в единичное состояние, на выходе 1 появится лог.1. Так работал бы переключатель, если бы не существовало дребезга контактов. Из-за дребезга запись единицы в триггер происходит при нажатии кнопки.

При нажатии любой другой кнопки после отпускания первой в единичное состояние установится соответствующий ей триггер, а первый триггер сбросится. Если нажать вторую кнопку не отпуская первой, лог.1 останется на выходе, соответствующем первой кнопке. Однако, если вначале будет отпущена первая кнопка, затем вторая, в момент отпускания второй кнопки лог.1 появится на выходе, соответствующем второй кнопке.

Переключатель по схеме рис.140 может быть изготовлен и на большее число положений, его недостатком является необходимость использования переключающих контактов кнопок. Если необходимо изготовить переключатель на большое число положений при использовании кнопок с одной парой замыкающих контактов, можно воспользоваться схемой рис.141.

Цепь C1 R5 служит для начальной установки в нулевое состояние триггеров микросхем DD3 и DD4. При нажатии любой из кнопок, например SB1, лог.1 поступает на соответствующий вход одной из микросхем DD3 или DD4, в данном случае на вход D1 микросхемы DD3.

Кроме того, лог.1 через элемент ИЛИ (DD1, DD2.1) поступает на цепь подавления дребезга R6 C2 DD2.2 DD2.3 и с небольшой задержкой появляется на входах C микросхем DD3 и DD4. В результате происходят установка в единичное состояние соответствующего триггера и появление лог.1 на выходе переключателя. В данном случае лог.1 появится на выходе 1 переключателя.

Если при нажатой кнопке нажать еще одну или несколько кнопок переключателя, изменений в состоянии переключателя не произойдет как при нажатии, так и при отпускании кнопок. Запись в триггеры переключателя возможна только при нажатии кнопки из состояния, в котором все кнопки отпущены.

Принципиально в переключателях по схемам рис.140 и 141 возможно появление двух выходных сигналов при одновременном нажатии двух кнопок. Для переключателя по схеме рис.140 это возможно в том случае, когда при нажатии двух кнопок их подвижные контакты будут одновременно находиться в незамкнутом ни с одним неподвижным контактом состоянии. Для переключателя по схеме рис.141 одновременное появление двух выходных сигналов произойдет, когда интервал времени между нажатием кнопок будет меньше времени задержки цепи подавления дребезга.

Для преобразования напряжения из синусоидального или другой формы с плавными фронтами в прямоугольные импульсы с хорошей формой используются триггеры Шмитта (рис.142). Для этой схемы эффективное значение входного напряжения синусоидальной формы должно составлять 0,25...0,5 напряжения питания.

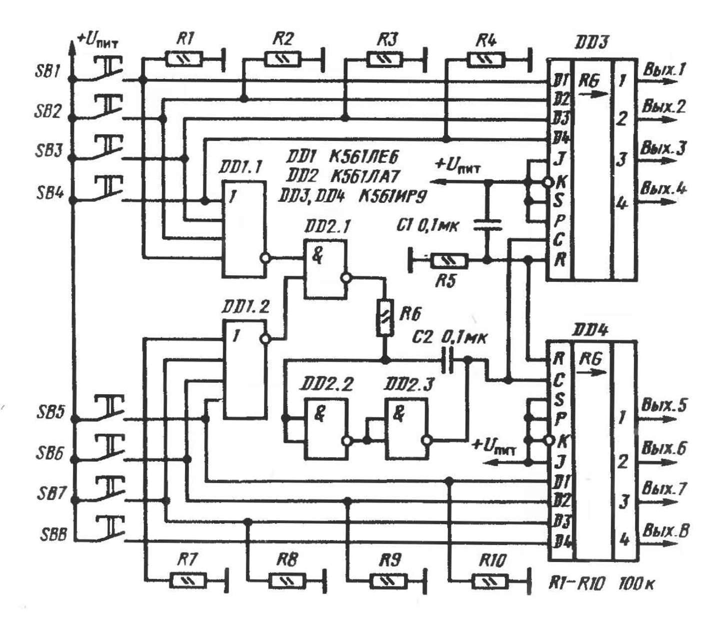


Рис.141. Переключатель на 8 положений

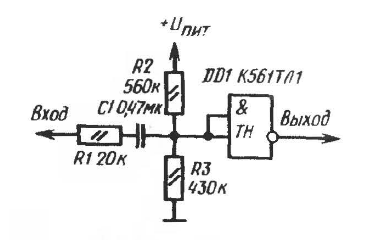


Рис.142. Преобразователь синусоидального напряжения в прямоугольные импульсы

Рис.143. Триггер Шмитта на неинвертирующем логическом элементе

Описанные в первом разделе триггеры микросхем К561ТЛ1 и КР1561ТЛ1, а также триггер на основе микросхемы К176ЛП1 имеют неизменяемые пороги переключения. При необходимости использования триггеров Шмитта с другими порогами можно строить их, охватывая обратной связью неинвертирующий логический элемент и подавая входной сигнал через резистор (рис.143). Пороги включения $U_{вкл}$ и выключения $U_{выкл}$ такого триггера можно найти по формулам

$$U_{вкл} = (1 + R1/R2)U_{пор},$$
$$U_{выкл} = U_{пор} - (U_{пит} - U_{пор})R1/R2,$$

где $U_{пор}$ — пороговое напряжение логического элемента. Обычно пороговое напряжение логических элементов близко к половине напряжения питания, поэтому пороги включения и выключения можно вычислить по формулам

$$U_{вкл} = (1 + R1/R2)U_{пит}/2,$$
$$U_{выкл} = (1 - R1/R2)U_{пит}/2.$$

Ширина петли гистерезиса (разность порогов включения и выключения) $U_г = U_{пит}R1/R2$ не зависит от $U_{пор}$.

Для формирования коротких импульсов из перепадов на выходах микросхем применяют дифференцирующие цепи. На рис.144,*а* показана дифференцирующая цепь для получения импульса по фронту входного импульса положительной полярности, на рис.144,*б* — по спаду. Диоды VD1 и VD2 являются защитными и входят в состав микросхем серий К561, КР1561, 564 и серии К176 выпуска последних лет. Как указывалось в первом разделе, в микросхемах серии К176 старых выпусков установлен только один диод — стабилитрон VD2 с напряжением включения около 30 В.

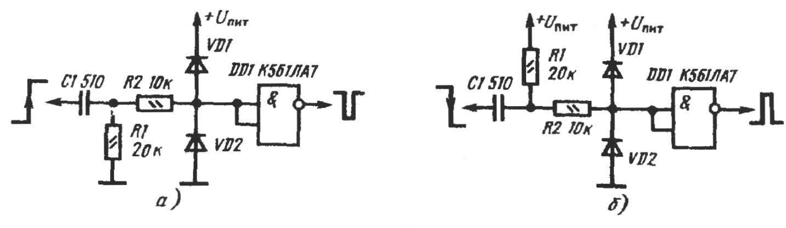


Рис.144. Дифференцирующие цепи, работающие по фронту (*а*) и спаду (*б*) импульсов

Резистор R2 служит для ограничения входного тока через конденсатор C1 и входные диоды VD1 и VD2. Нагружая микросхему — источник сигнала, этот ток увеличивает длительность фронта на выходе микросхемы — источника, а ток более 20 мА, текущий через защитные диоды, может привести к отказу микросхем, подключенных ко входу и выходу дифференцирующей цепи, особенно при питании устройства от источника напряжением более 9 В. Сопротивление резистора R2 выбирают в пределах 3...10 кОм, если напряжение питания менее 9 В и увеличение нагрузки на микросхему — источник сигнала не является принципиальным, этот резистор не ставят.

Эффективная длительность импульсов на выходе дифференцирующей цепи 0,7R1C1, длительность спада 2R1C1.

В радиолюбительских конструкциях для формирования коротких импульсов из перепадов можно встретить так называемую RCD-цепь, схема одного из вариантов которой приведена на рис.145; иногда такую цепь используют без диода. Она по результату своей работы эквивалентна простейшей дифференцирующей цепи, но сложнее ее, не имеет никаких преимуществ и поэтому не может быть рекомендована к применению.

В этом отношении интересна цепь, схема которой показана на рис.146. Цепь формирует короткие выходные импульсы по фронту и спаду входного сигнала. Длительность импульсов на выходе формирователей по схемам рис.145 и 146 такая же, как и для дифференцирующей цепи 0,7R1C1.

Импульсы с фронтами или спадами длительностью более 10 мкс, поступая на входы микросхем КМОП, могут вызывать их генерацию, неустойчивую работу триггеров и счетчиков, поэтому при необходимости получения импульсов длительностью более 10 мкс после дифференцирующей цепи целесообразно устанавливать триггеры Шмитта. Другим решением для формирования длительных импульсов является применение ждущих мультивибраторов.

Описанные в первом разделе ждущие мультивибраторы КР1561АГ1 не всегда доступны, а если в устройстве нужен всего один ждущий мультивибратор, его тем более удобно собрать на логических элементах. На рис.147 приведена основная схема ждущего мультивибратора на элементах И—НЕ, запускаемого спадом поло-

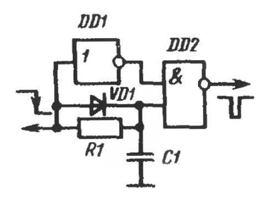


Рис.145. RCD-цепь для формирования коротких импульсов

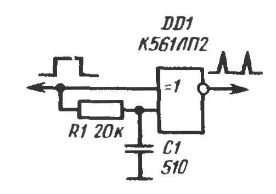


Рис.146. Формирователь импульсов по фронту и спаду входного импульса

жительного импульса. В исходном состоянии конденсатор C2 разряжен, на обоих входах элемента DD1.1 и на выходе элемента DD1.2 лог.1. При поступлении с выхода дифференцирующей цепи короткого импульса отрицательной полярности элемент DD1.1 выключается (рис.148), DD1.2 включается и на его выходе появляется лог.0. Спад напряжения с выхода элемента DD1.2 через конденсатор C2 передается на вход элемента DD1.1 и поддерживает его в выключенном состоянии. Конденсатор C2 начинает заряжаться током через резистор R2 от нуля до напряжения питания. Когда напряжение на левой по схеме обкладке конденсатора C2 достигает порога включения элемента DD1.1, он включается, на выходе элемента DD1.2 напряжение начинает повышаться, это повышение, передаваясь через C2 на вход DD1.1, вызывает лавинообразный процесс переключения обоих элементов. Диод VD1 необходим, если требуется быстрое восстановление исходного состояния ждущего мультивибратора. Он не нужен, если использовать элементы микросхем серий К561, КР1561, 564 или К176 с двумя защитными диодами, так как диоды входят в их состав.

В радиолюбительских конструкциях распространен ждущий мультивибратор по схеме рис.149. При запуске мультивибратора коротким импульсом отрицательной полярности оба инвертора переключаются, и напряжение на входе инвертора DD2 начинает снижаться по экспоненте, стремясь в пределе к нулю (рис.150). Когда оно приближается к порогу переключения инвертора DD2, напряжение на его выходе начинает плавно повышаться, и, когда оно достигнет порога переключения элемента DD1, напряжение на его выходе начинает снижаться, замыкается положительная обратная связь, возникает лавинообразный процесс переключения элементов мультивибратора.

Нетрудно видеть, что спад импульса, сформированного таким ждущим мультивибратором на выходе DD2, имеет затянутый уча-

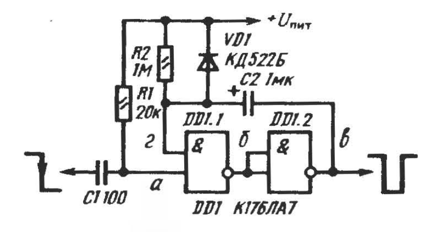


Рис.147. Основная схема ждущего мультивибратора

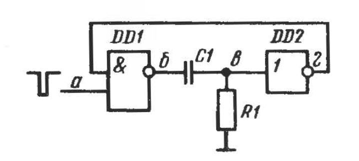


Рис.149. Вариант схемы ждущего мультивибратора

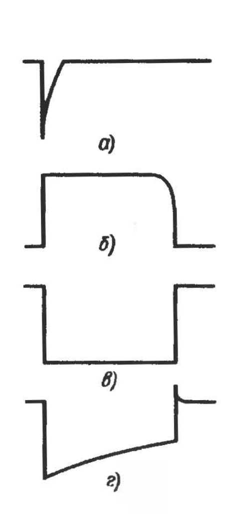


Рис.148. Временна́я диаграмма работы ждущего мультивибратора

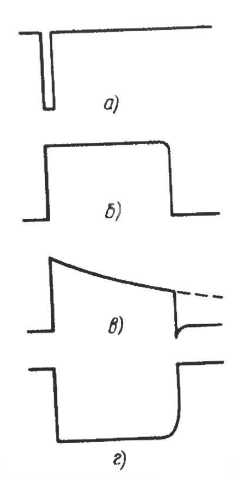


Рис.150. Временна́я диаграмма работы ждущего мультивибратора рис.149 при запуске коротким импульсом

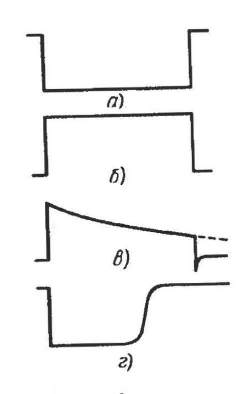


Рис.151. Временна́я диаграмма работы ждущего мультивибратора рис.149 при запуске длинным импульсом

сток, сигнал с этого выхода брать нежелательно, следует использовать импульсы с выхода элемента DD1.

Иногда в радиолюбительских конструкциях можно встретить случаи запуска ждущего мультивибратора, собранного по схеме рис.149, импульсом, длительность которого превышает длительность выходного импульса, без дифференцирующей цепи на входе. В этом случае устройство формирует выходной импульс соответствующей длительности с пологим спадом (рис.151,*г*). Однако положительная обратная связь не замыкается, соединение выхода инвертора DD2 со входом DD1 никакой роли не играет. При таком запуске устройство эквивалентно двум инверторам, между которыми включена дифференцирующая цепь.

Более целесообразно применение описанного выше ждущего мультивибратора, собранного по схеме рис.147. В нем импульс на выходе DD1.2 не имеет затянутых фронтов (рис.148), входной импульс, как для ждущего мультивибратора по схеме рис.149, должен быть короче выходного.

Использование микросхем, которые могут работать в качестве логических неинвертирующих элементов И или ИЛИ, позволяет упростить схемы ждущих мультивибраторов. На рис.152,*а* приведена схема ждущего мультивибратора на одном логическом элементе ИЛИ из микросхемы К561ЛС2, на оба управляющих входа которой подано напряжение питания. На рис.152,*б* проиллюстрирована возможность стробирования запуска четырех ждущих мультивибраторов на микросхеме К561ЛС2. Запуск мультивибратора может произойти лишь при подаче на вход Строб лог.1 и фронта положительного импульса на вход запуска. Генерируемый импульс может быть оборван подачей лог.0 на вход Срыв.

Большой гибкостью в отношении своего запуска обладают ждущие мультивибраторы на JK и D-триггерах. Устройства, выполнен-

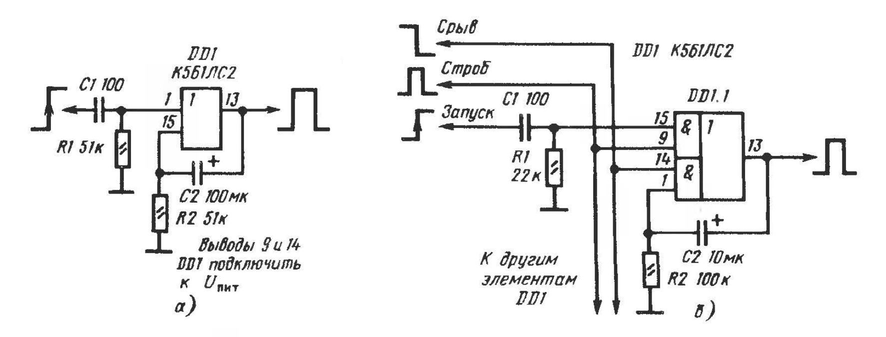


Рис.152. Ждущий мультивибратор на элементе микросхемы K561ЛС2 (*а*), с возможностью стробирования (*б*)

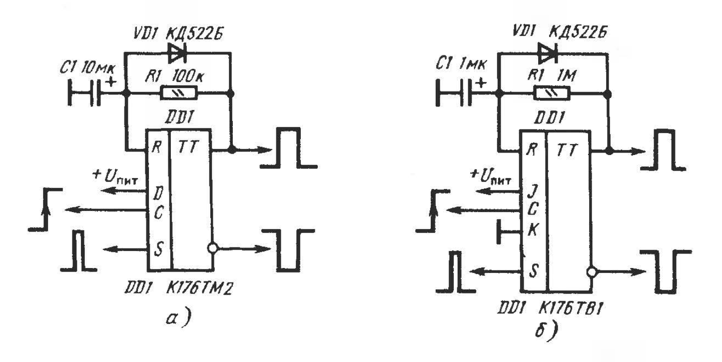


Рис.153. Ждущие мультивибраторы на D-триггере (*а*) и на JK-триггере (*б*)

ные по схеме рис.153, могут быть запущены или коротким импульсом, подаваемым на вход S триггера, или фронтом положительного импульса, подаваемого на вход C. Логическая 1, появляющаяся на прямом выходе триггера при запуске, через резистор R1 начинает заряжать конденсатор C1. Когда напряжение на конденсаторе достигает порога переключения триггера по входу R, триггер переключается в исходное состояние.

Диод VD1 служит для ускорения разряда конденсатора и восстановления исходного состояния, во многих случаях он может быть исключен. Длительность импульсов для ждущего мультивибратора определяется по той же формуле, что и для дифференцирующей цепи.

Длительность импульсов, подаваемых на вход S триггеров для запуска мультивибраторов, должна быть меньше длительности формируемых импульсов. По входам C мультивибраторы запускаются по фронтам импульсов независимо от их длительности. Недостаток ждущих мультивибраторов, собранных по схемам рис.153, — большая длительность спадов формируемых на обоих выходах импульсов, приводящая к неодновременному переключению элементов,

подключенных к ним. Во всех описанных выше мультивибраторах возможно применение полярных конденсаторов.

Если в ждущих мультивибраторах на JK и D-триггерах левый по схеме вывод конденсатора отключить от общего провода и подключить к инверсному выходу триггера (рис.154), можно существенно уменьшить длительность спада формируемого импульса на инверсном выходе триггера. В этих ждущих мультивибраторах нельзя, однако, применять полярные конденсаторы.

Все же, если не требуется запускать ждущий мультивибратор по двум входам, из которых один чувствителен именно к фронту импульса, применять ждущие мультивибраторы на JK- и D-триггерах нецелесообразно. Более того, если можно обойтись дифференцирующей цепью, никакой ждущий мультивибратор лучше не использовать вообще.

Широко используемая схема простого генератора импульсов (мультивибратора) приведена на рис.155. Работа такого мультивибратора несколько различается для случаев применения в них микросхем серии K176 с одним защитным диодом или серии K176 и остальных серий с двумя диодами.

Форма колебаний в генераторе на микросхемах с одним диодом приведена на рис.156. Верхняя диаграмма показывает зависимость от

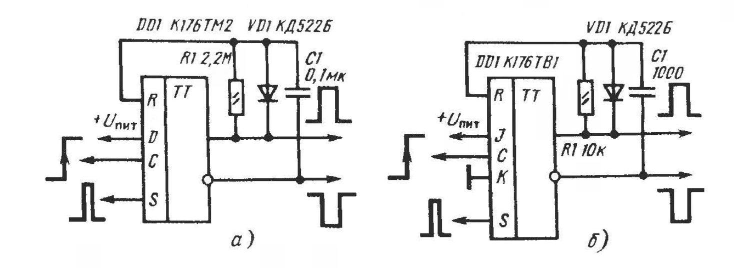


Рис.154. Ждущие мультивибраторы с увеличенной крутизной фронтов выходных импульсов на D-триггере (*а*) и на JK-триггере (*б*)

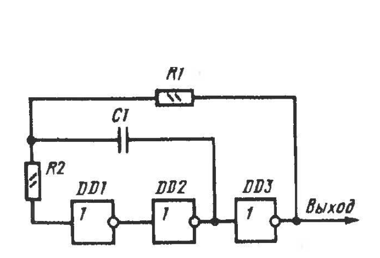


Рис.155. Генератор импульсов на трех инверторах

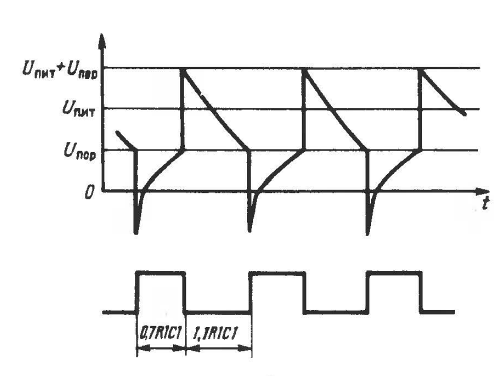


Рис.156. Временнáя диаграмма работы генератора

времени напряжения на левой обкладке конденсатора, нижняя — на выходе генератора. Спад напряжения с выхода элемента DD2, поступая на вход элемента DD1 через конденсатор C1 и резистор R2, ограничивается входным диодом на уровне, близком к лог.0, после чего начинается заряд конденсатора через резистор R1, повышающий напряжение на левой обкладке конденсатора. Время его заряда до порогового напряжения примерно равно 0,7R1C1. Лавинообразный процесс переключения элементов приведет к передаче с выхода элемента DD2 на вход элемента DD1 положительного перепада напряжения с амплитудой, равной напряжению питания. Перезаряд конденсатора C1 в сторону уменьшения напряжения на левой обкладке начнется от напряжения $U_{пит} + U_{пор}$, в результате чего на этот процесс уйдет большее время (около 1,1R1C1). Полный период колебаний составит 1,8R1C1, частота — 0,55/R1C1.

Если в генератор установлены микросхемы с двумя защитными диодами, длительность обоих процессов перезаряда конденсатора будет одинаковой — 0,7R1C1, полный период — 1,4R1C1, частота — 0,7R1C1.

Резистор R2 нужен, как и в дифференцирующих цепях, для ограничения тока через входные диоды и уменьшения нагрузки на элемент DD2. Если его сопротивление значительно меньше, чем у резистора R1, он на частоту генерации не влияет. При соизмеримых сопротивлениях R1 и R2 частота генерации несколько снижается по сравнению с рассчитанной по приведенным выше формулам. Часто резистор R2 не ставят или устанавливают последовательно с конденсатором C1.

Хорошо известна также схема мультивибратора на двух инверторах (рис.157), но частота генерации в нем менее стабильна.

Приведенное выше описание работы мультивибратора опиралось на идеализированную модель инвертора, в котором выходной сигнал равен напряжению питания, пока входное напряжение меньше порога переключения, и равен нулю, если входное напряжение выше порога. Однако в реальных микросхемах есть более или менее протяженный участок зависимости выходного напряжения от входного, на котором плавное изменение входного сигнала приводит к плавному изменению выходного (см.рис.2). Он хорошо заметен в инверторах микросхемы К561ЛН2, элементах ИЛИ—НЕ серии К561, инверторах генераторов микросхем К176ИЕ5, К176ИЕ12, К176ИЕ18. В большинстве микросхем серии К176 и во всех микросхемах серии КР1561 имеется два дополнительных инвертора, которые делают передаточную характеристику очень резкой, иногда даже гистерезисной. Наличие плавного участка и приводит к различию в работе генераторов по схемам рис.155 и 157.

Рассмотрим подробно работу генератора по схеме рис.155 на элементах с двумя защитными диодами с момента, когда на входе инвертора DD1 напряжение равно нулю. В этом случае на выходе инвертора DD2 напряжение также равно нулю, а на выходе DD3 — напряжению питания. Конденсатор C1 заряжается через резистор R1 по экспоненте, напряжение на его левой обкладке при этом стремится в пределе к напряжению питания (рис.158,*а*). Когда напряжение на входе DD1 подойдет к порогу переключения, напряжение на выходе DD1 начнет плавно снижаться (рис.158,*б*), и, когда оно приблизится к порогу переключения инвертора DD2, напряжение на выходе DD2 начнет повышаться (рис.158,*в*). Небольшое повышение напряжения на выходе инвертора DD2 передастся через конденсатор C1 на вход DD1, что вызовет лавинообразный процесс переключения всех инверторов генератора. Напряжение на выходе инвертора DD3 станет равным нулю, на входе DD1 несколько превысит напряжение питания (оно будет ограничено входным защитным диодом инвертора), начнется аналогичный рассмотренному выше процесс перезаряда конденсатора с плавным уменьшением напряжения на входе DD1.

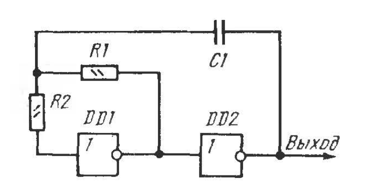


Рис.157. Генератор импульсов на двух инверторах

Если рассмотреть процессы в генераторе по схеме рис.157 с того же момента, можно заметить, что вначале заряд конденсатора C1 происходит аналогично (рис.159,*а*). Отличие начинается тогда, когда напряжение на выходе инвертора DD1 начинает уменьшаться (рис.159,*б*). Уменьшение напряжения на выходе DD1 приведет к уменьшению напряжения на резисторе R1, что уменьшает скорость перезаряда конденсатора. Отрицательная обратная связь через резистор R1 стремится установить напряжения на входе и выходе инвер-

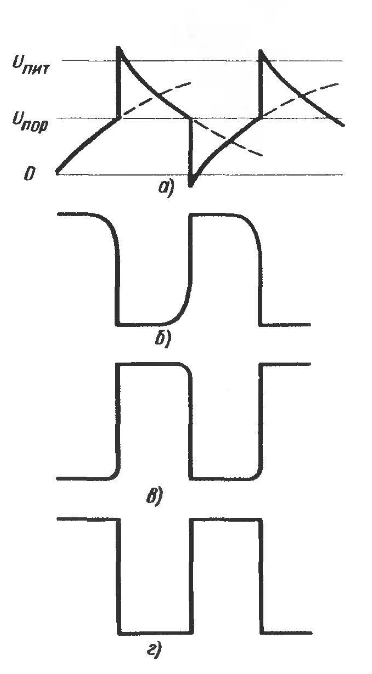


Рис.158. Временная диаграмма работы генератора рис.155

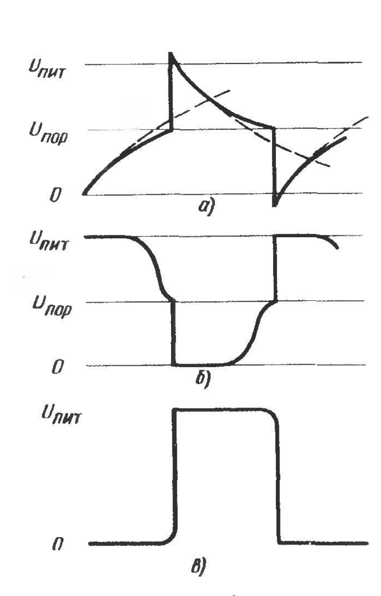


Рис159.Временная диаграмма работы генератора рис.157

тора DD1 равными, в результате чего скорость изменения напряжения на выходе инвертора DD1 уменьшается и на спаде импульса появляется характерная ступенька. Если порог переключения инвертора DD2 равен порогу переключения инвертора DD1, при приближении напряжения на выходе DD1 к этому порогу начнется повышение напряжения на выходе DD2 (рис.159,*в*), что вызовет лавинообразный процесс переключения обоих инверторов генератора.

Нетрудно видеть, что при тех же параметрах времязадающей RC-цепи период колебаний в генераторе по схеме рис.157 будет несколько больше, чем у генератора по схеме рис.155, а стабильность периода — хуже, так как напряжение на входе DD1 перед началом лавинообразного процесса меняется более плавно, и небольшие изменения порогового напряжения одного инвертора относительно другого приведут к значительному изменению периода работы генератора. Более того, при значительном отличии порогов переключения инверторов (а в микросхемах КМОП диапазон положения порога переключения составляет от 1/3 до 2/3 напряжения питания) генератор может вообще не заработать — напряжение на выходе первого инвертора за счет отрицательной обратной связи через резистор R1 застабилизируется на уровне его порога переключения, при этом оно будет находиться вне зоны переключения второго инвертора, положительная обратная связь через конденсатор C1 не замкнется и инвертор DD2 не переключится. Поэтому в генераторе по схеме рис.157 следует всегда использовать инверторы одной микросхемы. Для генератора по схеме рис.155 разброс порогов переключения инверторов не играет никакой роли, и инверторы могут быть из разных микросхем.

Поскольку процесс переключения инверторов в генераторе по схеме рис.157 длится большее время, потребляемый этим генератором от источника питания ток больше.

Из рассмотрения работы генераторов следует важный практический вывод: выходной сигнал нежелательно снимать с выхода инвертора, к входу которого подключены времязадающие конденсатор и резистор (DD1). Фронты импульсов на этом выходе затянуты, кроме того, в генераторе по схеме рис.157 на фронтах на этом выходе присутствует ступенька, и их использование может привести к неодновременному срабатыванию элементов, подключенных к этому выходу из-за разброса порогов переключения микросхем. Для триггеров и счетчиков техническими условиями длительность фронтов импульсов, подаваемых на счетный вход, ограничена сверху, и подача затянутых фронтов на них недопустима. Эта рекомендация относится и к другим схемам генераторов и ждущих мультивибраторов.

Следует отметить, что из-за емкостной нагрузки несколько затягиваются фронты импульсов также на тех выходах элементов генераторов и ждущих мультивибраторов, к которым подключены времязадающие конденсаторы (DD2 на рис.155 и 157). Поэтому выходные импульсы генератора по схеме рис.155 лучше брать с выхода DD3, в любом генераторе или ждущем мультивибраторе устранить такое затягивание фронта можно включением последовательно с конденсатором или с входом DD1 резистора с сопротивлением 5...10 кОм.

В генераторе на трех инверторах (рис.155) два из них (DD1.1 и DD1.2) можно заменить на повторитель сигнала. Удобно использовать микросхему К561ЛП2, поскольку каждый ее элемент может работать или как повторитель сигнала при соединении второго входа с общим проводом, или как инвертор при подаче на второй вход напряжения источника питания (рис.160).

Отметим также, что, если в качестве первого инвертора в генераторах по схемам рис.155 и 157 использовать триггер Шмитта, их работа и параметры различаться не будут: при достижении напряжения на входе инвертора DD1 соответствующего порога переключения он скачкообразно переключается, что приводит к четкому переключению последующих инверторов (рис.161).

На рис.162,*а* приведена схема генератора, в котором можно отдельно регулировать длительность импульса и паузу между импульсами. В генераторе по схеме рис.162,*б* можно в широких пределах регулировать скважность импульсов, практически не изменяя их частоту. Запуск любого генератора и его останов можно производить установ-

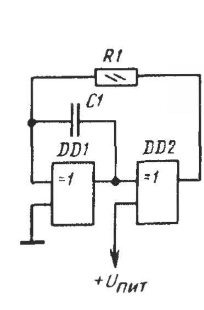


Рис.160. Генератор на двух элементах Исключающее ИЛИ

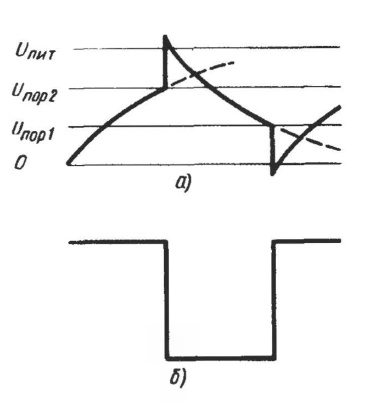
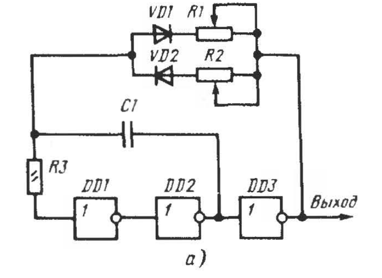


Рис.161. Временная диаграмма работы генератора на триггерах Шмитта



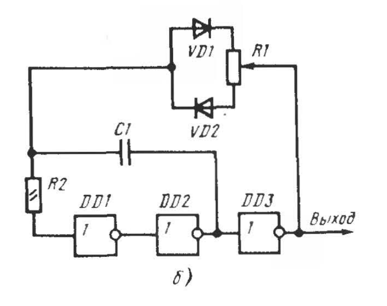


Рис.162. Генератор импульсов с раздельной регулировкой длительности и паузы между ними (*а*) и с регулировкой скважности (*б*)

кой в качестве любого из DD1—DD3 какого-либо двухвходового логического элемента (И—НЕ, ИЛИ—НЕ, Исключающее ИЛИ) и подачей на его второй вход управляющего сигнала.

На рис.163 приведена схема генератора, формирующего пачки импульсов с частотой заполнения 1000 Гц, частота повторения пачек около 1 Гц, длительность 0,5 с. Генерация пачек происходит лишь при подаче лог.1 на вход Запуск генератора. Первый импульс первой пачки возникает сразу после подачи разрешающего сигнала.

На рис.164 приведена схема генератора, генерирующего на своем выходе импульсы, задержанные относительно момента подачи разрешающего сигнала. Все генерируемые на Вых.1 генератора импульсы имеют одинаковую длительность. Если сигнал разрешения снимается до окончания очередного импульса, импульс генерируется полностью. На Вых.2 импульсы возникают сразу после подачи разрешающего сигнала, но последний импульс может быть неполной длительности.

Если необходимо совместить выдачу импульсов сразу после сигнала разрешения с обеспечением полной длительности последнего импульса независимо от момента снятия импульса разрешения, можно использовать генератор по схеме рис.165,*а*.

Особенностью этого генератора является его универсальность. Если входной запускающий импульс отрицательной полярности имеет длительность, меньшую периода колебаний генератора, на его выходах формируется один импульс, т.е. генератор действует как ждущий мультивибратор. При подаче входного импульса с длительностью, превышающей период, будет сформировано несколько импульсов полной длительности (рис.165,*б*).

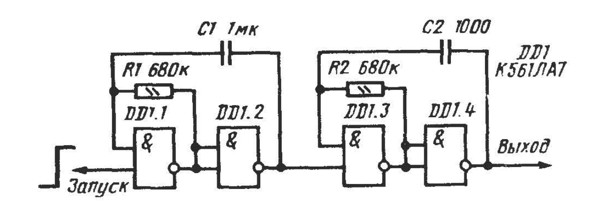


Рис.163. Генератор пачек импульсов

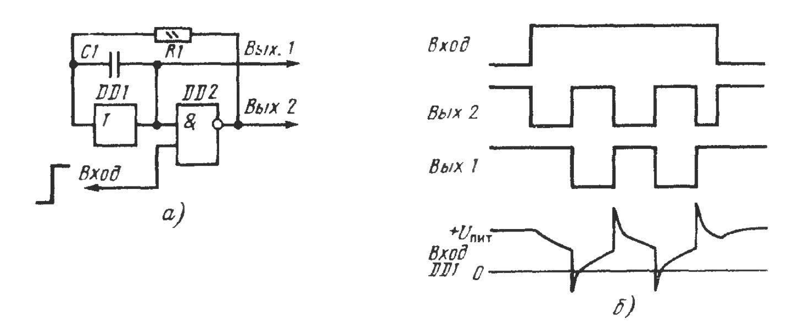
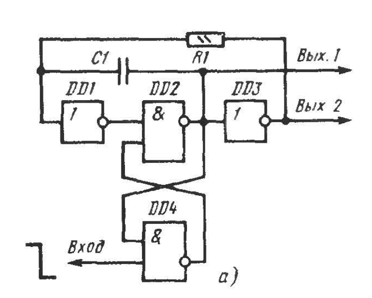


Рис.164. Управляемый генератор импульсов (*а*) и временная диаграмма его работы (*б*)



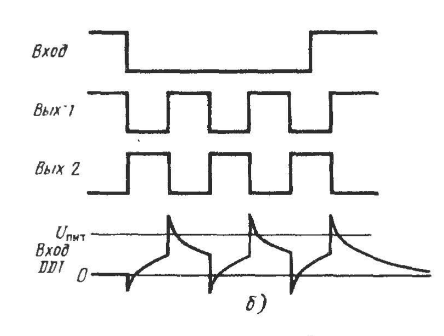


Рис.165. Универсальный управляемый генератор импульсов (*а*) и временная диаграмма его работы (*б*)

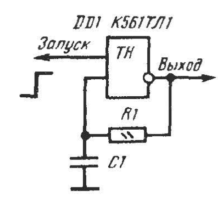


Рис.166. Генератор импульсов на основе триггера Шмитта

Рис.167. Формирователь импульса начальной установки

Простой управляемый генератор можно собрать на основе триггера Шмитта микросхемы К561ТЛ1 или КР1561ТЛ1 по схеме рис.166 (неуправляемый — на триггере рис.129). При лог.0 на входе Запуск на выходе — лог.1. При подаче на вход Запуск лог.1 на выходе появляется лог.0, начинается разряд конденсатора C1. Когда напряжение на нем доходит до нижнего порога переключения, на выходе появляется лог.1 и начинается заряд конденсатора до верхнего порога переключения. Особенностью генератора является отсутствие резких бросков тока на начальных участках перезаряда конденсатора, характерных для описанных выше генераторов.

Триггеры Шмитта целесообразно также использовать в цепях установки начального состояния цифровых устройств в тех случаях, когда постоянная времени установления выходного напряжения источника питания велика и необходимо обеспечить большую длительность импульса сброса и его крутой спад (рис.167).

При необходимости можно собрать генератор из двух ждущих мультивибраторов одной микросхемы КР1561АГ1, схема такого автогенератора приведена на рис.168 (без времязадающих цепей). Времязадающая RC-цепь ждущего мультивибратора DD1.1 определяет длительность положительных импульсов на выходе 1, RC-цепь, подключенная к DD1.2, — длительность паузы между ними.

При необходимости получения колебаний с частотой 100 Гц и менее для уменьшения габаритных размеров используемых конденсаторов удобно использовать задающий генератор на относительно вы-

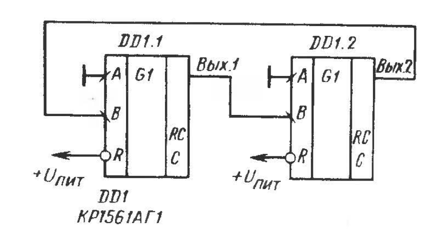


Рис.168. Генератор импульсов на микросхеме КР1561АГ1

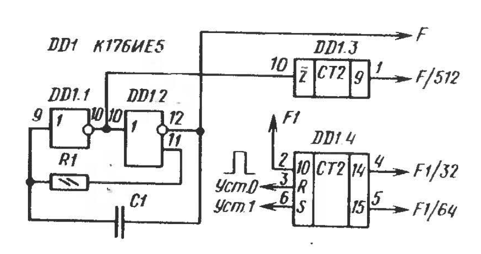


Рис.169. RC-генератор на микросхеме К176ИЕ5

сокую частоту с последующим делением частоты многоразрядным делителем К176ИЕ5, К176ИЕ12, К176ИЕ18, К561ИЕ16, КР1561ИЕ20. Особенно удобны для такого варианта первые три микросхемы, так как они содержат необходимые для построения задающего генератора элементы. На рис.169 приведена схема генератора на микросхеме К176ИЕ5. Задающий генератор собран на логических элементах DD1.1 и DD1.2, его схема эквивалентна схеме рис.155. Выход задающего генератора внутри микросхемы подключен к делителю частоты на 512 DD1.3. Микросхема имеет еще один делитель частоты на 32 и 64 DD1.4. Вход этого делителя может быть подключен или к выходу задающего генератора F, или к выходу первого делителя, в последнем случае частота на выходе 15 будет в 32768 раз меньше частоты задающего генератора. Второй делитель имеет вход R установки триггеров в 0 и вход S установки триггеров в единицу.

Схема RC-генератора на микросхеме К176ИЕ12 приведена на рис.170. Задающий генератор по схеме рис.157 на инверторах DD1.1 и DD1.2 подключен ко входу делителя DD1.3, коэффициент деления которого составляет 32768. Делитель также имеет выходы, частота импульсов на которых меньше частоты задающего генератора в 32, 256, 16384 раз. Импульсы с частотой F/256 выведены на четыре выхода, их фазовые соотношения для частоты задающего генератора 32768 Гц приведены на рис.46. При их использовании следует по-

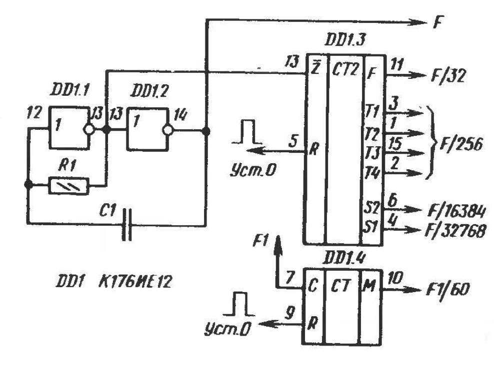


Рис.170. RC-генератор на микросхеме К176ИЕ12

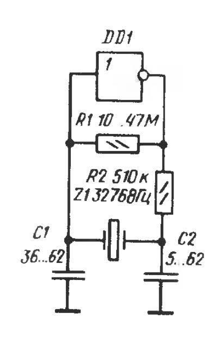


Рис.171. Кварцевый генератор

мнить о коротких "просечках" на выходах Т1 и Т3, также показанных на рис.46.

Микросхема имеет еще один счетчик с коэффициентом деления, равным 60. Его вход может быть подключен как к задающему генератору, так и к любому выходу первого счетчика. При подключении его к выходу S1 частота импульсов на выходе второго делителя будет в 196 608 раз меньше частоты задающего генератора.

Хотя стабильность частоты RC-генераторов на КМОП-микросхемах довольно высока (особенно в сравнении с генераторами на ТТЛ-микросхемах), в ряде случаев более удобно применить кварцевый генератор с последующим делением частоты до необходимого уровня. Такой вариант получения необходимой частоты не только обеспечит высокую стабильность, но и исключит необходимость в подстроечных элементах, а габаритные размеры и стоимость кварцевого резонатора на 32768 Гц для наручных часов меньше, чем хорошего металлопленочного конденсатора.

Если частоты на выходах микросхем К176ИЕ5 или К176ИЕ12 соответствуют необходимым, целесообразно использовать именно их с их встроенными инверторами для кварцевого генератора. Если же в качестве делителя нельзя применять указанные микросхемы, в кварцевом генераторе необходимо использовать инвертор из микросхемы малой степени интеграции. Опыт показывает, что далеко не каждый инвертор работает в кварцевом генераторе по стандартной схеме рис.171. Хорошо зарекомендовали себя элементы микросхем К561ЛА7 и К561ЛЕ5, совсем не работают микросхемы К176ЛА7 и К176ЛЕ5. Микросхема К561ЛП2 очень удобна для построения различных генераторов и формирователей, однако внутренняя структура элементов микросхемы несимметрична относительно двух ее входов, и в кварцевом генераторе ее элементы могут работать лишь при соединении с источником питания выводов 2, 5, 9 или 12. Кроме того, для улучшения формы выходного сигнала в генераторе по схеме рис.171 с использованием микросхемы К561ЛП2 сопротивление резистора R2 целесообразно уменьшить до 180 кОм.

Микросхемы, содержащие счетчики с большим коэффициентом деления, можно с успехом использовать и для построения ждущих мультивибраторов с большой длительностью импульсов при малой емкости используемых конденсаторов. Схема ждущего мультивибратора, использующего микросхему К561ИЕ16, приведена на рис.172. В исходном состоянии на выходе счетчика DD2 лог.1, запрещающая работу генератора на элементах ИЛИ—НЕ DD1.1 и DD1.2. При подаче импульса положительной полярности на вход устройства счетчик DD2 обнуляется, на его выходе появляется лог.0, разрешающий работу генератора. После того как счетчик отсчитает 2^{13} импульсов, на его выходе появится лог.1, запрещающая работу генератора. Таким образом, по фронту импульса на входе запуска на выходе устройства формируется импульс отрицательной полярности длительностью 2^{13} периодов импульсов задающего генератора. Интересно

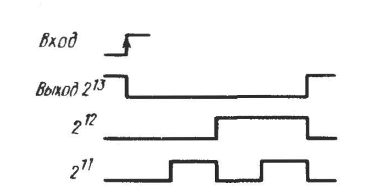


Рис.172. Ждущий мультивибратор на микросхеме К561ИЕ16

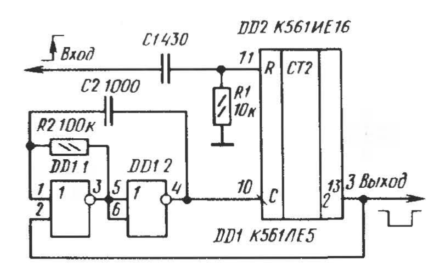


Рис.173. Временная диаграмма работы ждущего мультивибратора

отметить, что при этом на выходе 2^{12} формируется импульс положительной полярности, вдвое меньшей длительности, оканчивающийся одновременно с основным, на выходе 2^{11} — два импульса и т. д. (рис.173).

Поскольку формирование выходного импульса всегда начинается из одного и того же состояния задающего генератора, исключается случайная погрешность длительности импульса, связанная с неопределенностью фазы генератора.

Ждущий мультивибратор можно собрать всего на одной микросхеме К176ИЕ5, К176ИЕ12 или К176ИЕ18. На рис.174 изображен вариант схемы на К176ИЕ5. Работает этот ждущий мультивибратор так же, как и описанный выше, но генератор собран на инверторах, предназначенных для кварцевого генератора микросхемы. Для запрета его работы лог.1 с выхода 15 микросхемы подается на вход цепи инверторов генератора через диод VD1. При подаче импульса на вход запуска лог.0 с выхода 15 микросхемы закрывает диод VD1, и он не мешает нормальной работе генератора.

Длительность формируемого импульса ждущего мультивибратора по схеме рис.174 составляет 2^{14} периодов задающего генератора.

Так же как и в описанном выше ждущем мультивибраторе, на предпоследнем выходе счетчика 14 формируется импульс положительной полярности, вдвое меньшей длительности, на выходе 9 — пачка из 32 импульсов.

На рис.175 показана схема ждущего мультивибратора на микросхеме К176ИЕ12, аналогично он строится и на микросхеме К176ИЕ18. Длительность формируемого импульса составляет 39x32768 = 1277952 периода импульсов генератора, поскольку при частоте генератора 32786 Гц лог.1 на выходе М появляется через 39 с после установки микросхемы в 0 (см. рис.46).

При необходимости кварцевой стабилизации длительности формируемых импульсов следует воспользоваться схемой рис.176, поскольку включать и выключать кварцевый генератор так, как RC-генератор, нельзя. К сожалению, ждущему мультивибратору по схеме рис.176 присуща случайная погрешность длительности импульса порядка периода кварцевого генератора. При использовании в этой схеме в качестве DD1 микросхем К176ИЕ5, К176ИЕ12, К176ИЕ18 сигнал с выхода элемента DD1.2 следует подавать на входы Z этих микросхем. Описанным выше ждущим мультивибраторам с делением частоты свойствен недостаток, связанный с тем, что при подаче питания они вырабатывают на своем выходе импульс неопределенной длительности, не превышающий, однако, длительности импульса, на который он рассчитан.

Если длительность запускающего импульса не превышает половины периода задающего генератора, дифференцирующая цепь в пусковой цепи описанных выше ждущих мультивибраторов не нужна.

Ждущим мультивибраторам с делением частоты также присуще свойство перезапуска аналогично микросхеме КР1561АГ1: если во время формирования выходного импульса придет очередной запускающий, отсчет длительности импульса начнется заново от последнего запускающего импульса.

Сопротивление резисторов, входящих в дифференцирующие цепи, во времязадающие цепи всех описанных в разделе мультивибраторов и генераторов следует выбирать так, чтобы токи через них не слишком нагружали микросхемы — источники сигнала (не менее нескольких десятков килоом). Из-за возможных утечек монтажных плат сопротивления этих резисторов ограничены сверху значением порядка десятков мегаом. Емкость конденсаторов указанных цепей должна существенно превышать емкость монтажа и входную емкость микросхем, т.е., как правило, быть не менее 100 пФ.

При подаче на вход микросхемы сигнала через конденсатор последовательно со входом микросхемы ограничительный резистор можно не ставить, если ток через ограничительные диоды при переходных процессах не превысит 20 мА, например, при подаче сигналов от стан-

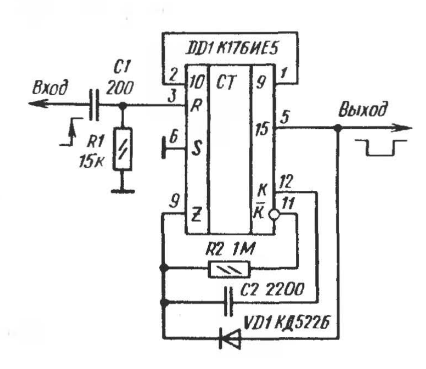


Рис.174. Ждущий мультивибратор на микросхеме К561ИЕ5

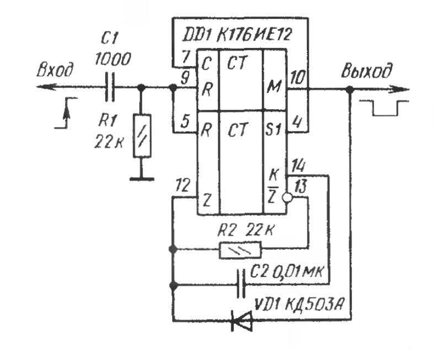


Рис.175. Ждущий мультивибратор на микросхеме К561ИЕ12

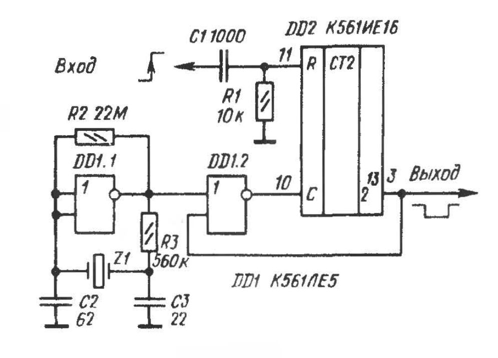


Рис.176. Ждущий мультивибратор с кварцевой стабилизацией

дартных КМОП-микросхем при напряжении питания менее 9 В. Если напряжение питания больше 9 В или сигналы на дифференцирующие цепи подаются с выходов КМОП-микросхем с повышенной нагрузочной способностью или от других низкоомных источников сигнала, последовательно со входом следует установить ограничительный резистор с сопротивлением 3...10 кОм.

При разработке генераторов и ждущих мультивибраторов следует в непосредственной близости от используемых микросхем установить керамический блокировочный конденсатор емкостью не менее 0,022 мкФ, это исключит возможность появления паразитной высокочастотной генерации, иногда возникающей при плавном переключении микросхем и отсутствии блокировочных конденсаторов.

3. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

3.1. ЩУП-ЧАСТОТОМЕР

Описываемое устройство оформлено в виде щупа и позволяет определять логические уровни КМОП- и ТТЛ-микросхем, частоту импульсных сигналов до 1 МГц, оценивать их скважность, работать как счетчик, считающий до 1000000 импульсов. Напряжение питания щупа должно быть 5 или 9 В.

Схема щупа приведена на рис.177, временная диаграмма работы — на рис.178. Сигнал измеряемой частоты через резистор R1, образующий с диодами VD1 и VD2 ограничитель входного сигнала, поступает на элемент DD4.2, выполняющий роль клапана. На второй вход клапана поступает импульс отрицательной полярности длительностью 1 с, разрешающий прохождение измеряемой частоты на выход клапана. Выходной сигнал клапана подается на шестиразрядный счетчик DD5—DD10, выполненный на микросхемах К490ИП1. Эти КМОП-микросхемы содержат кроме десятичного счетчика и формирователя кода семисегментного индикатора подобно К176ИЕ4 семисегментный индикатор красного свечения, что делает их незаменимыми для построения малогабаритных счетчиков.

Основой формирователя секундных импульсов служит кварцевый генератор на частоту 32768 Гц, собранный на микросхеме DD2. Работу формирователя в режиме частотомера (контакты переключателя SA1 "Ч" — "С" ("Частотомер"—"Счетчик") разомкнуты) рассмотрим, начиная с момента, когда триггер DD3.1 находится в состоянии 1, триггер DD3.2 — в состоянии 0. На входе D триггера DD3.1 при этом лог.0 с выхода DD3.2, на входах D и S DD3.2 — лог.0. Фронт первого импульса с частотой 1 Гц с выхода S DD2 установит триггер DD3.1 в состояние 0, лог.1 с его инверсного выхода 12 установит триггер DD3.2 по входу S в состояние 1. Лог.0 с выхода 13 DD3.1 поступит на входы гашения Г микросхем DD5—DD10 и выключит индикацию. Фронт отрицательного импульса с выхода DD4.1 продифференцируется в цепи C3 R11 и после инвертирования в элементе DD4.3 в виде короткого положительного импульса (1...1,5 мкс) поступит на входы R DD5—DD10 и обнулит счетчик.

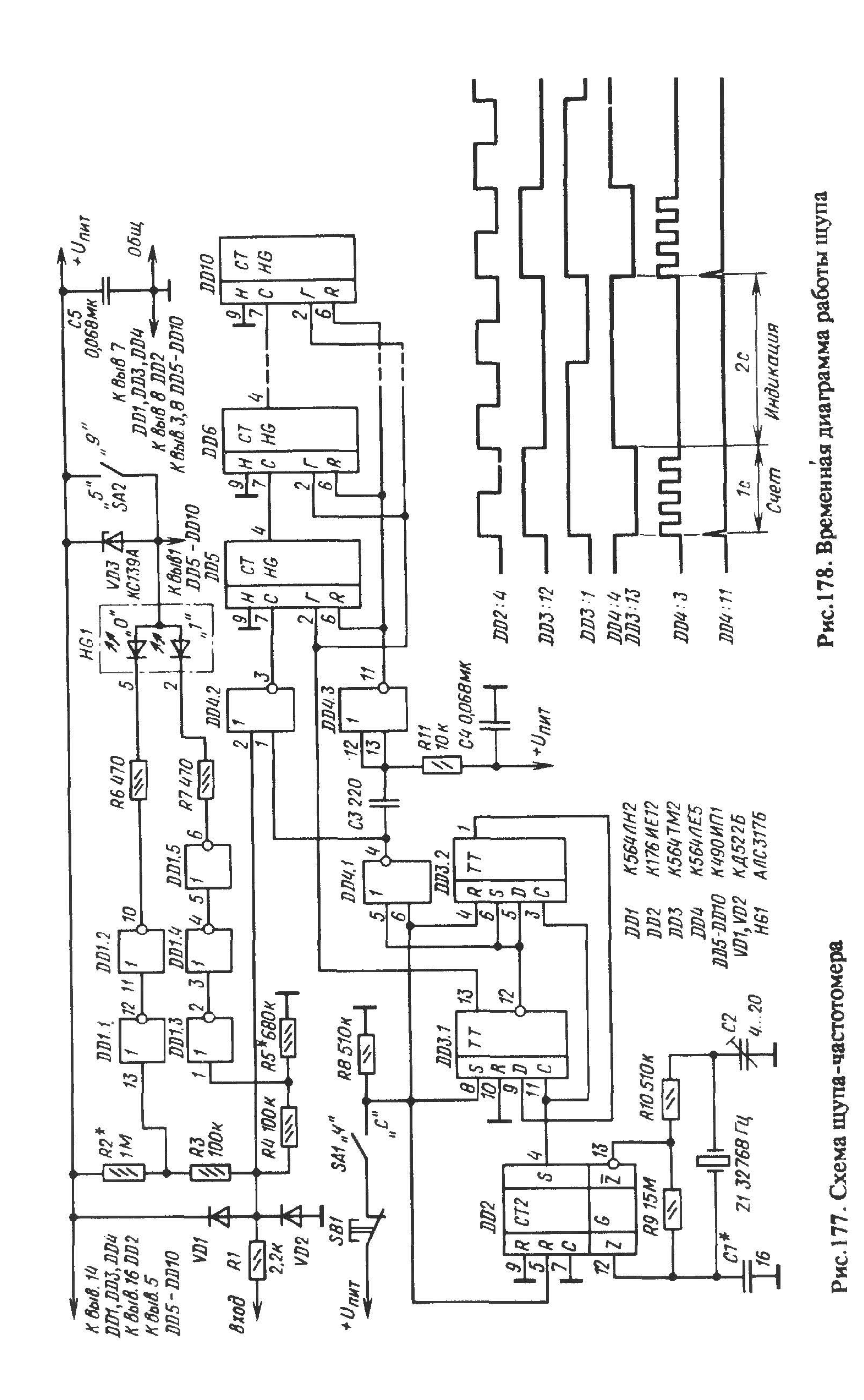


Рис.177. Схема щупа-частотомера

Рис.178. Временная диаграмма работы щупа

Следующий фронт импульсов с частотой 1 Гц установит триггер DD3.1 в состояние 1, поскольку на его вход D приходит лог.1, а триггер DD3.2 останется в состоянии 1, так как на его входе S также лог.1. Очередной фронт с выхода S DD2 не изменит состояния DD3.1 (на его входе D по-прежнему лог.1), но триггер DD3.2 установится в 0 (на его входах D и S — лог.0), восстановится исходное состояние триггеров. Таким образом, в течение 3 с формируется цикл работы частотомера — короткий импульс сброса, импульс отрицательной полярности на входе 1 DD4.2, разрешающий счет измеряемой частоты в течение 1 с, одновременно с ним импульс отрицательной полярности с выхода 13 DD3.1 выключает индикацию счетчика, двухсекундный интервал индикации.

В режиме работы устройства в качестве счетчика контакты SA1 замкнуты, триггер DD3.1 установлен в 1, DD3.2 — в 0, делитель микросхемы DD2 остановлен. В результате на выходе 13 DD3.1 — лог.1, разрешающая индикацию, на выходе DD4.1 — лог.0, разрешающий прохождение входных импульсов через DD4.2 на счетчик.

При кратковременном нажатии на кнопку SB1 происходит переход в режим частотомера, запускается делитель DD2, сразу же на его выходе S возникает фронт положительного импульса, он устанавливает триггер DD3.1 в 0 (на его входе D — лог.0). Спад импульса с выхода DD4.1 после дифференцирования в C3 R11 сбрасывает счетчик в 0. После отпускания кнопки SB1 восстанавливается работа в режиме счетчика.

Индикация логических уровней осуществляется пятиэлементным индикатором HG1, используются только два элемента, управление ими осуществляется микросхемой DD1. Резисторы R2—R5 при настройке подбирают так, чтобы порог включения элемента DD1.1 по входному напряжению щупа составлял 0,5...0,7 В при напряжении питания 5 В, а элемента DD1.3 — около 2,5 В. Поэтому при подаче входного напряжения более 2,5 В будут включены DD1.1, DD1.3, DD1.5, лог.0 с выхода DD1.5 включит верхний по положению в щупе элемент индикатора HG1, будет индицироваться уровень лог.1. Если входное напряжение меньше 0,5 В, DD1.1, DD1.3, DD1.5 выключены, DD1.2 включен, лог.0 с его выхода включает нижний сегмент индикатора HG1, индицируется лог.0. При промежуточном напряжении на входе щупа или в том случае, когда щуп никуда не подключен, элемент DD1.1 включен, элемент DD1.3 выключен, индикатор HG1 погашен.

При подаче на вход щупа непрерывной последовательности импульсов светятся оба элемента индикатора. По соотношению яркости их свечения можно судить о скважности импульсов.

Для нормальной работы микросхем К490ИП1 на них нужно подать два напряжения питания : +9 В для питания счетчика и +5 В для индикатора. Большинство микросхем удовлетворительно работает при подаче +5 В на оба вывода питания, но 9 В подавать на оба вывода питания нельзя. Поэтому для гашения избыточных 4 В использован стабилитрон VD3. При питании от 5 В он замыкается переключателем SA2.

Щуп собран на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита размером 142,5х20 мм. Расположение провод-

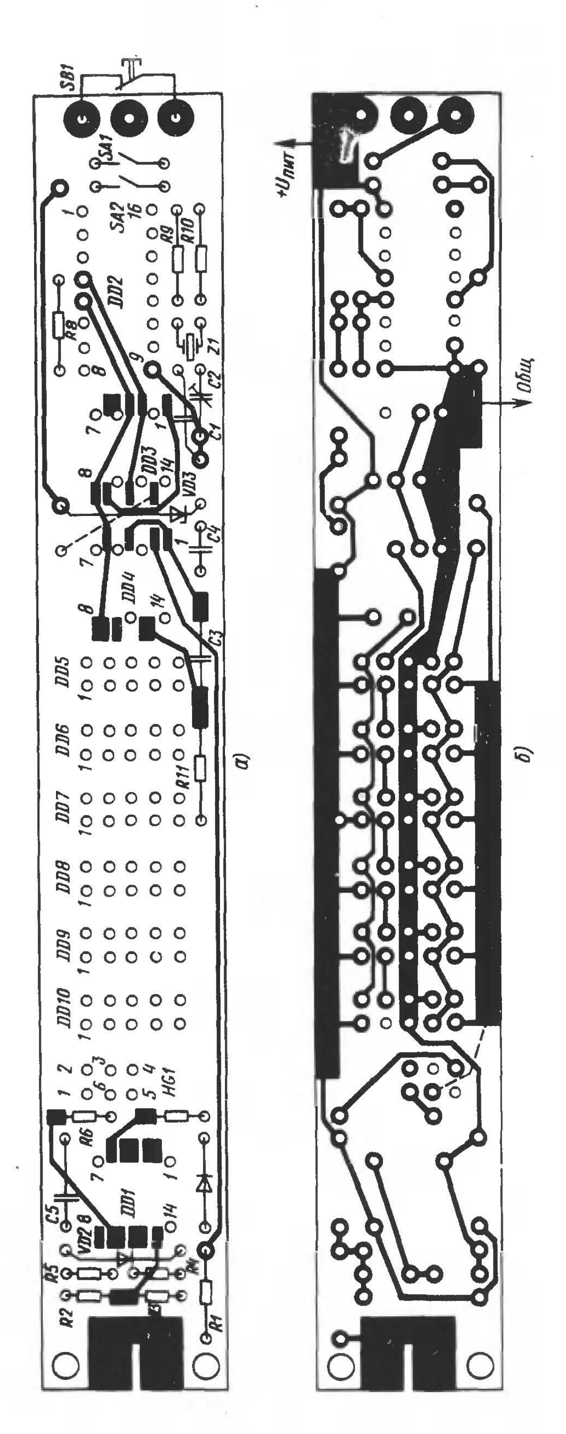


Рис.179. Печатная плата щупа:
а — со стороны установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

ников на стороне установки микросхем показано на рис.179,*а*, на противоположной стороне — на рис.179,*б*.

В щупе использованы резисторы КИМ-0,05 (R2—R5), КИМ-0,125 (R9), остальные МЛТ-0,125, конденсаторы КМ-5 и КМ-6, КТ4-25б (С2), кварцевый резонатор на частоту 32768 Гц в корпусе цилиндрической формы от наручных часов. В качестве SA1 и SA2 использован движковый переключатель ВДМ2-1, кнопка SB1 — МП7. Индикатор HG1 — АЛС317 с любым буквенным индексом. Следует иметь в виду, что ранее индикаторы АЛС317А и АЛС317Б выпускались с общим катодом, сейчас все индикаторы этой серии независимо от буквенного индекса выпускаются с общим анодом.

Микросхемы К490ИП1 следует проверить на достаточную яркость при работе от одного источника питания 5 В. В щупе микросхемы целесообразно расположить в порядке возрастания яркости, в этом случае большой разброс яркости не так заметен. Индикатор HG1 и микросхемы DD5—DD10 снабжены светофильтрами — линзами из комплекта микросхем 490ИП1. Светофильтры склеены между собой с небольшими зазорами при помощи двух полосок из тонкого органического стекла. В паз печатной платы впаяна толстая стальная швейная игла.

Конденсаторы С1 и частично С2 расположены над микросхемой DD3, резонатор Z1 — над резисторами R9 и R10. Микропереключатель SB1 подпаян к трем штырькам, впаянным в отверстия печатной платы.

Плата с монтажом помещена в футляр от авторучки с красной прозрачной крышкой. Габаритные размеры футляра составляют 17х23х153 мм. Приливы в основании футляра вырезаны, и на их место вклеены пластины из органического стекла. Плата крепится к одной из них двумя винтами М2 (слева на рис.179), для этого в пластине по месту просверлены два отверстия и нарезана резьба, и одним винтом М2 с потайной головкой, для которого нарезана резьба в одном из отверстий микропереключателя SB1.

Для получения необходимых порогов переключения сегментов HG1 при напряжении питания 5 В настройку щупа производят подбором резисторов R2 и R5. Необходимо также проверить правильность работы индикатора при напряжении питания 9 В — при свободном щупе индикатор должен быть погашен, при подаче напряжения 8 В должна индицироваться лог.1, при подаче 1 В — лог.0.

Для настройки кварцевого генератора на вход щупа следует подать импульсы с частотой 1 МГц и подстройкой конденсатора С2 (и при необходимости подбором С1) установить показания 999999 или 000000.

3.2. ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР СО СВЕТОДИОДНЫМИ ИНДИКАТОРАМИ

Промышленностью выпускаются микросхемы КР572ПВ2А (Б,В), изготовляемые по технологии КМОП и позволяющие собирать простой портативный цифровой многофункциональный прибор — мультиметр. Рассмотрим структуру и работу микросхем КР572ПВ2.

Микросхема (рис.180) содержит электронные ключи А1—А11, буферный операционный усилитель DA1, работающий в режиме повторителя, операционный усилитель DA2 — интегратор, компаратор DA3 и цифровую часть, состоящую из тактового генератора G, логического устройства DD1, счетчика СТ, регистра памяти RG и выходного дешифратора DC. Ключи А1—А11 включаются в определенной последовательности логическим устройством DD1, работающим совместно со счетчиком СТ.

Устройство работает по принципу двойного интегрирования, широко применяемому в цифровых измерительных приборах. Идея метода двойного интегрирования состоит в том, что вначале интегрирующий конденсатор заряжают строго определенное время током, пропорциональным измеряемому напряжению, затем разряжают строго определенным током до нуля. Время, в течение которого происходит разряд конденсатора, получается пропорциональным измеряемому напряжению. Это время измеряется при помощи счетчика, выходные сигналы которого подаются на индикаторы.

Рассмотрим работу микросхемы более подробно. На выводы 30 и 31 микросхемы подается измеряемое напряжение $U_{вх}$, на выводы 36 и 35 — образцовое $U_{обр}$.

Цикл измерения (рис.181) состоит из трех фаз: интегрирования сигнала (ИНТ), разряда интегрирующего конденсатора (РИ) и автоматической коррекции нуля (АК). Каждой фазе соответствует определенная коммутация элементов микросхемы, выполняемая при помощи ключей на МОП-транзисторах А1—А11. На рис.180 надписи у ключей обозначают фазу, в течение которой ключ замкнут. Длительность фазы пропорциональна периоду тактовой частоты и точно задается счетчиком СТ.

В течение фазы ИНТ, длящейся 4000 периодов Т тактовой частоты, входной сигнал через ключи А1, А2 и буферный усилитель DA1 подается на вход интегратора DA2. Это вызывает на конденсаторе $C_{инт}$ накопление заряда, пропорционального по величине и соответ-

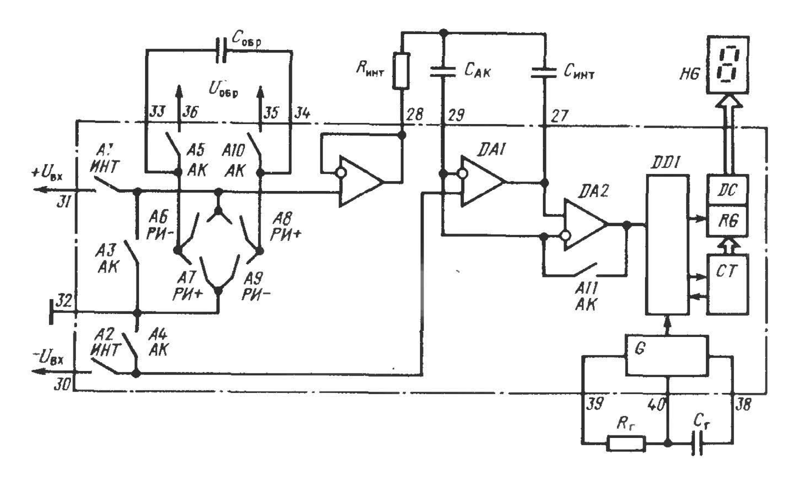


Рис.180. Структурная схема микросхемы КР572ПВ2

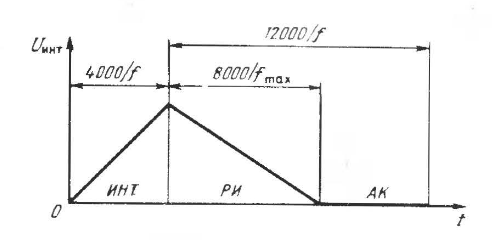


Рис.181. Временная диаграмма работы микросхемы КР572ПВ2

ствующего по знаку приложенному входному напряжению. Напряжение на выходе интегратора DA2 изменяется с постоянной скоростью, пропорциональной входному сигналу. Предположим, что к моменту начала фазы ИНТ заряды на конденсаторах $C_{инт}$ и $C_{ак}$ и напряжения смещения нуля DA1—DA3 равны нулю. Так как входной ток интегратора DA2 мал, изменения заряда на конденсаторе $C_{ак}$ не происходит, и он фактически не оказывает влияния на процесс интегрирования. Конденсатор $C_{обр}$ заряжен от источника образцового напряжения до величины $U_{обр}$. В конце фазы ИНТ с помощью компаратора DA3 определяется знак входного напряжения по знаку напряжения на выходе интегратора DA2. Чувствительность компаратора DA3 такова, что обеспечивает правильное определение полярности входного сигнала, даже если сигнал составляет долю единицы отсчета.

При работе микросхемы в фазе РИ входной сигнал на интегратор DA2 не подается, к интегратору DA2 через ключи A7, A8 или A6, A9 подключается конденсатор $C_{обр}$, заряженный до образцового напряжения и ориентированный по полярности таким образом, чтобы происходил разряд $C_{инт}$. Разряд длится до тех пор, пока конденсатор $C_{инт}$ не разрядится полностью, т.е. напряжение на выходе DA2 не станет равным нулю. В этот момент подключенный параллельно конденсатору $C_{инт}$ компаратор DA3 срабатывает и прекращает фазу РИ. Заряд конденсаторов $C_{обр}$ и $C_{ак}$ практически не изменяется. Время разряда конденсатора $C_{инт}$, выраженное числом периодов тактовых импульсов, и есть результат измерения, записанный в счетчике CT. Состояние счетчика переписывается в регистр RG, а затем преобразуется в сигналы семисегментного кода, которые поступают на индикаторы.

Фаза АК начинается с прекращения работы счетчика, когда логическое устройство DD1 включает ключи A3, A4 и A11. Образовавшаяся при этом следящая система обеспечивает заряд конденсаторов $C_{ак}$ и $C_{инт}$ до напряжения, компенсирующего смещение нуля DA1—DA3. Оно остается неизменным в течение последующих фаз ИНТ и РИ. В результате приведенная ко входу погрешность из-за смещения нуля и его температурного дрейфа не превышает 10 мкВ.

В состав микросхемы входит тактовый генератор. Частота следования его импульсов определяется внешними элементами $R_г$ и $C_г$. Для подавления сетевых помех с частотами, кратными 50 Гц, частота повторения импульсов должна быть выбрана такой, чтобы в интервал интегрирования, равный 4000 периодам тактового генератора T, укладывалось целое число K периодов сетевого напряжения, равных 20 мс.

Таким образом, 4000xT = Kx20 мс, где K = 1, 2, 3 и т.д. Отсюда $f_г = 1/T = 200/K$ кГц, т.е. 200, 100, 67, 50, 40 кГц и т.д. Номиналы

частотозадающих цепей тактового генератора рассчитывают по формуле $C_г = 0{,}45/(f_г \times R_г)$. Для повышения стабильности частоты между выводами 39 и 40 можно включить кварцевый резонатор (при этом элементы $R_г$ и $C_г$ не подключают). При работе микросхемы от внешнего генератора тактовые импульсы подают на вывод 40, выводы 38 и 39 при этом оставляют свободными.

Диапазон входных напряжений микросхемы зависит от образцового напряжения $U_{обр}$ и определяется соотношением $U_{вх\,max} = \pm 1{,}999 U_{обр}$. Текущие показания индикаторов выражаются числом, равным $1000 U_{вх}/U_{обр}$. При использовании микросхемы необходимо, чтобы выходное напряжение буферного усилителя DA1 и интегратора DA2 не превышало граничного напряжения линейного участка, равного 2 В. Это накладывает ограничение на соотношение между образцовым напряжением, частотой тактовых импульсов генератора, сопротивлением $R_{инт}$ и емкостью $C_{инт}$. Рекомендуемые соотношения при f = 50 кГц: $R_{инт}$ = 47 кОм, $C_{инт}$ = 0,1 мкФ, $C_{обр}$ = 1 мкФ, $U_{обр}$ = 0,1 В, $C_{ак}$ = 0,47 мкФ и $R_{инт}$ = 470 кОм, $C_{инт}$ = 0,1 мкФ, $C_{обр}$ = 0,1 мкФ, $U_{обр}$ = 1 В, $C_{ак}$ = 0,047 мкФ. Для указанной частоты $C_г$ = 91 пФ, $R_г$ = 100 кОм. Допускаемые отклонения от номинала указанных элементов не более ±5 %. Емкости конденсаторов $C_{обр}$ и $C_{ак}$ могут быть увеличены в несколько раз, для них указано минимальное значение.

Период измерений при частоте тактовых импульсов 50 кГц составляет 320 мс, т.е. производится три измерения в секунду.

Максимальный ток, потребляемый микросхемой от обоих источников питания, не превышает 1,8 мА, выходной ток старшего разряда не менее 10 мА, остальных — не менее 5 мА. Коэффициент ослабления синфазного напряжения 100 дБ, погрешность преобразования не превышает 1, 3 и 5 единиц младшего разряда для КР572ПВ2А, КР572ПВ2Б и КР572ПВ2В соответственно. Указанные параметры гарантируются при температуре 25 ±5° С и питающих напряжениях +5 и −5 В с нестабильностью ±1 %. Допуск на напряжения питания составляет +5 В ±10 % и -4,5...-8 В. Нестабильность образцового напряжения должна быть не хуже 0,1 %, так как она прямо входит в погрешность измерения. Входное сопротивление определяется лишь утечками и превышает 100 МОм.

Цифровой мультиметр, описываемый далее, собран на основе микросхемы КР572ПВ2А. Прибор обеспечивает измерение постоянного и переменного напряжения (в вольтах) и тока (в миллиамперах), а также сопротивления (в килоомах) в пяти диапазонах с верхними пределами 0,1999; 1,999; 19,99; 199,9; 1999. Погрешность измерения сопротивлений, постоянного напряжения и тока менее ±(0,2 % + 1 единица младшего разряда). При измерении переменного напряжения и тока в диапазоне частот 20 Гц...5 кГц погрешность измерения менее ±(0,3 % + 1 единица младшего разряда) во всем диапазоне измеряемых напряжений. В диапазоне частот до 20 кГц при измерении в диапазоне от 0,1 предела измерения и выше погрешность не превышает 2,5 % измеряемого значения, на частоте 50 кГц — 10 %.

Указанная точность для вольтметра переменных напряжений на частотах более 5 кГц гарантируется на диапазонах 0,1999; 1,999;

19,99 В. В диапазонах 199,9 и 1999 В на частотах выше 5 кГц погрешность больше.

Входное сопротивление вольтметра составляет 11 МОм, емкость — 100 пФ, падение напряжения при измерении тока не превышает 0,2 В. Питание осуществляется от батареи 3336, потребляемый ток не превышает 120 мА.

Схема коммутации цепей мультиметра приведена на рис.182. При измерении постоянного напряжения оно через делитель R1—R6 поступает на вход "+" аналого-цифрового преобразователя (АЦП), вход "–" АЦП подключен при этом к общему проводу. Сопротивления большинства резисторов делителя выбраны кратными 10, что облегчает их подбор. Сопротивление нижнего плеча делителя в этом случае составляет 1,111 кОм, оно получается параллельным соединением резисторов 1,2 и 15 кОм. При использовании резисторов делителя с допуском 0,1 % никакого дополнительного подбора этих резисторов не требуется.

При измерении постоянного тока АЦП подключен к одному из шунтов R7—R11, через которые пропускается измеряемый ток. Использование двух секций SA2.3 и SA2.4 переключателя пределов измерений для коммутации шунтов позволяет исключить влияние нестабильности сопротивления контактов переключателя на погрешность измерения и порчу прибора в момент переключения пределов.

Принцип работы омметра проиллюстрирован рис.183. Измеряемое сопротивление включено в цепь обратной связи операционного усилителя DA1, входной ток которого задан резисторами R1—R6, подключенными через переключатели SA2.2 и SA1.3 к источнику напряжения +1,111 В. Поскольку сопротивления используемых резисторов R1—R6, включенных последовательно, кратны 1,111 кОм, ток, задаваемый ими, имеет значения, кратные 10, и падение напряжения на измеряемом сопротивлении с точностью до множителя 10^n равно его значению. Это падение напряжения измеряется при помощи АЦП, подключенного непосредственно к измеряемому сопротивлению. Такое построение омметра позволяет использовать те же точные резисторы, что и в делителе вольтметра, и исключает их подбор. Кроме того, дрейф нуля операционного усилителя не приводит к дрейфу нуля омметра, но увеличивает его погрешность. Дрейф нуля операционного усилителя DA1 в 1 мВ приводит к дополнительной погрешности омметра в 0,1 % измеряемой величины, поэтому установка нуля DA1 должна производиться очень тщательно.

Измерение переменного напряжения и тока производится аналогично измерению постоянных напряжений и токов, но на входе АЦП включается преобразователь переменного напряжения в постоянное, обведенный на рис.182 штриховой линией. Входной делитель и шунты использованы те же, что и при измерении постоянного напряжения и тока. Во входном делителе при измерении на переменном токе важную роль играют конденсаторы С2—С8, обеспечивающие правильное деление входного сигнала. Точное значение емкостей этих конденсаторов рассчитать невозможно, так как неизвестна точная емкость монтажа. Поэтому нижние плечи емкостей делителя С7 и С8 рассчитаны на некоторую усредненную емкость монтажа, поскольку

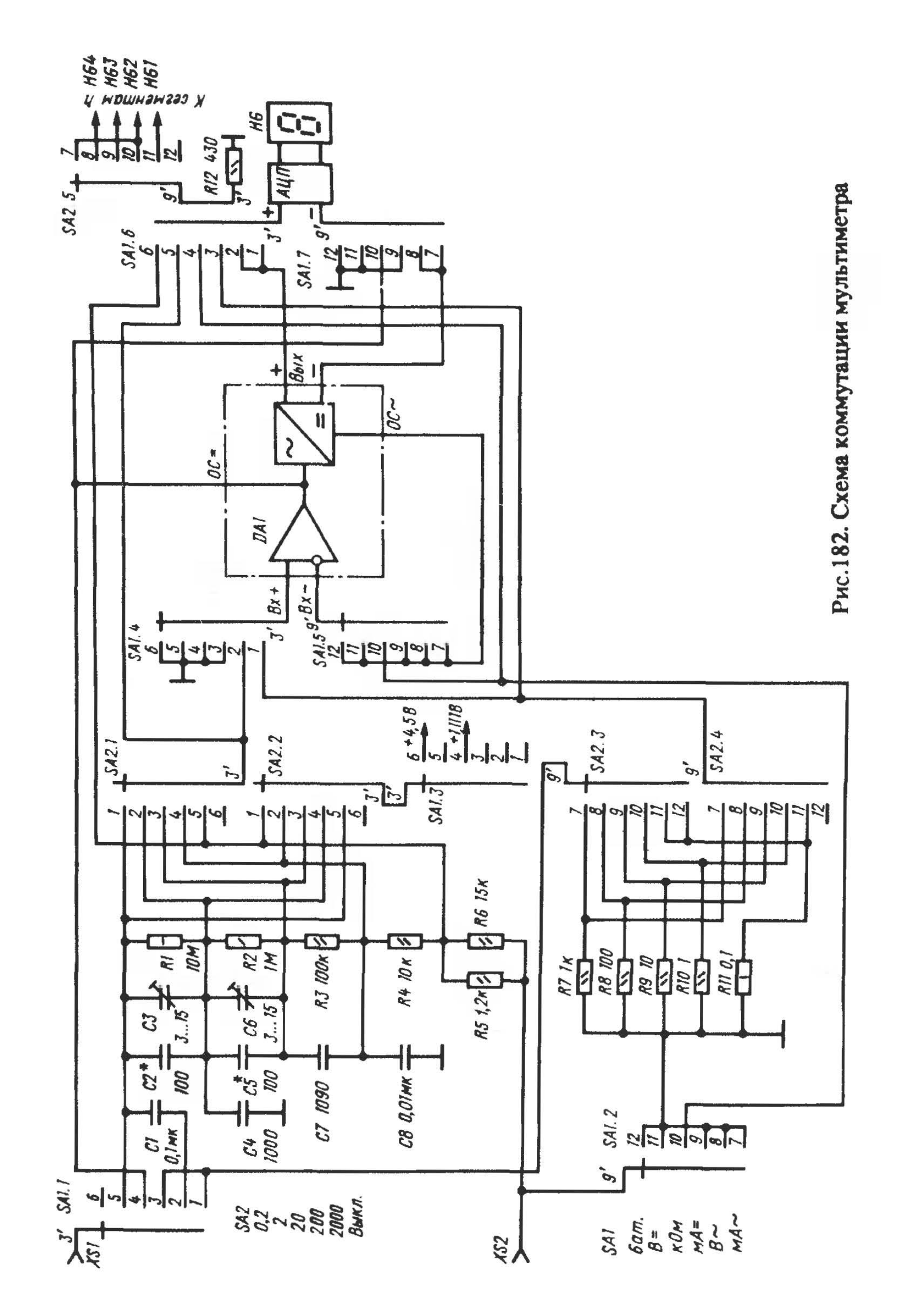


Рис.182. Схема коммутации мультиметра

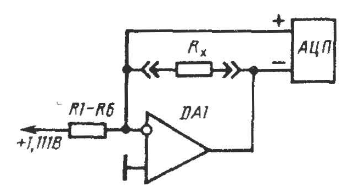


Рис.183. Схема омметра

разброс этой емкости мало влияет на точность деления при относительно большой емкости конденсатора С8. Верхние плечи делителя снабжены подстроечными конденсаторами, что позволяет точно настраивать делитель. Построение делителя в две ступени (С2, С4 — первая ступень, С5, С7, С8 — вторая) позволяет в 10 раз уменьшить емкости нижних плеч делителя. Относительно большая емкость С2 верхнего плеча делителя позволяет точно подстроить это плечо конденсатором С3 и уменьшить погрешность делителя из-за изменения емкости монтажа при изменении положения соединительных проводников. Нижнее низкоомное плечо делителя выполнено без конденсаторов.

Крайнее верхнее по схеме положение переключателя SA1 служит для контроля напряжения батареи питания. В этом случае АЦП подключен к нижнему плечу R5, R6 делителя напряжения, в одну из промежуточных точек которого через переключатели SA1.3 и SA2.2 подано напряжение батареи питания +4,5 В. Предел измерения, как и при измерении постоянных напряжений, задается переключателем SA2.

На рис.184 приведена схема преобразователя переменного напряжения в постоянное, источника опорного напряжения, АЦП и подключения АЦП к индикаторам.

Преобразователь переменного напряжения в постоянное собран на операционном усилителе (ОУ) DA1, который также используется в омметре. Входное напряжение подается на неинвертирующий вход ОУ. Положительная полуволна усиленного напряжения выделяется на резисторе R18, отрицательная — на резисторе R17. Между верхними по схеме выводами резисторов R17 и R18 формируется двухполупериодно выпрямленное напряжение, которое через фильтрующие цепи R21 C12 и R22 C13 подается на вход АЦП.

На резисторах R19 и R20 выделяются обе полуволны усиливаемого напряжения, с них напряжение обратной связи по переменному току через конденсатор С11 подается на инвертирующий вход ОУ, чем достигаются высокая точность и линейность преобразователя. Стабильность рабочей точки ОУ по постоянному току обеспечивается за счет отрицательной обратной связи через резистор R16. Относительно большое сопротивление этого резистора выбрано потому, что он не должен шунтировать измерительную цепь VD1 VD2 R17 R18. Емкость конденсатора С11 также выбрана довольно большой, так как он с паразитной емкостью монтажа образует делитель входного сигнала, поступающего на инвертирующий вход ОУ. При меньшей емкости конденсатора С11 возникает заметная погрешность при измерении переменного напряжения на пределе 1999 В.

Резисторы R13 и R14 служат для установки нуля ОУ DA1, R14 — для грубой установки, R13 — для точной. Конденсаторы С9 и С10 являются блокировочными, подстроечный резистор R20 служит для

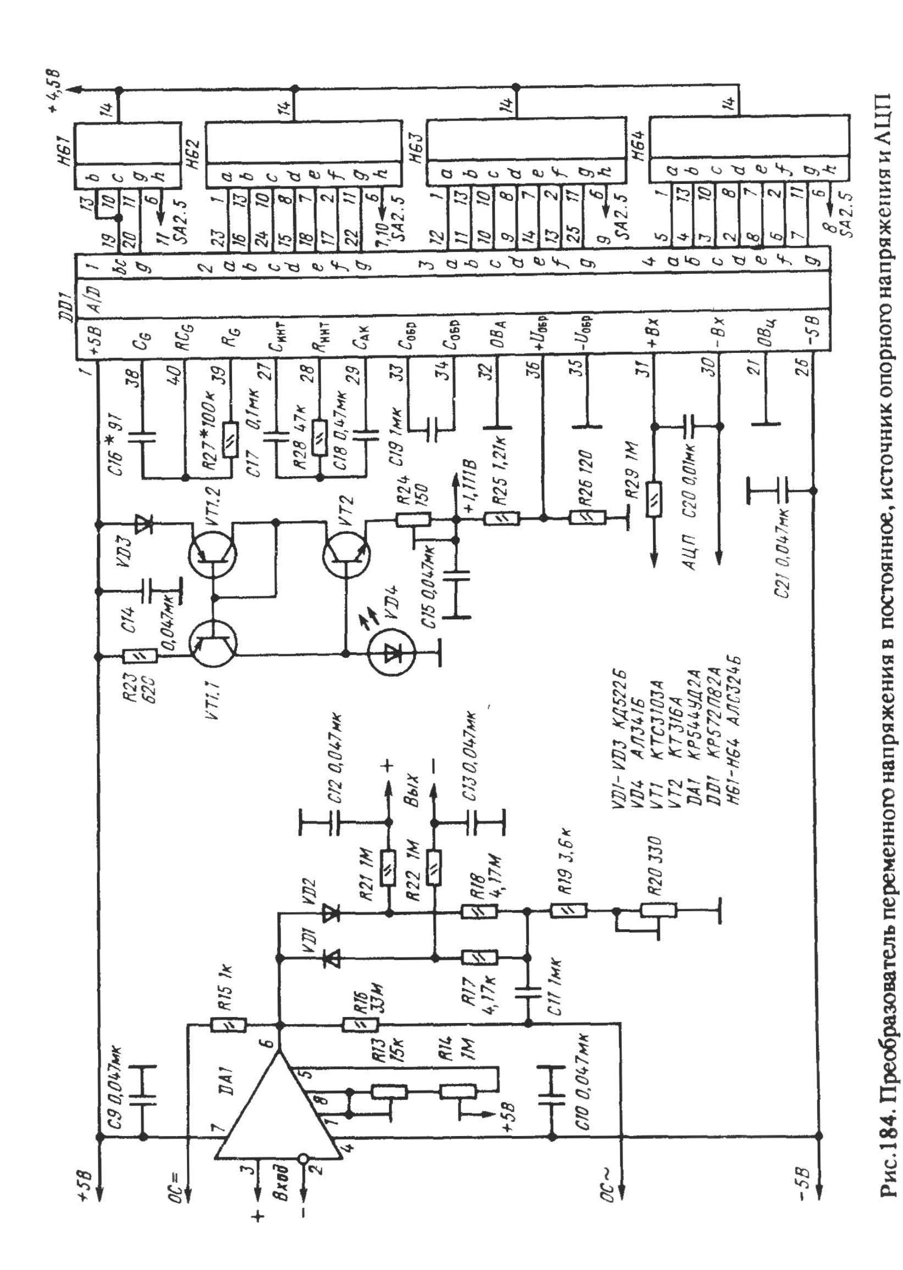


Рис.184. Преобразователь переменного напряжения в постоянное, источник опорного напряжения и АЦП

точной установки коэффициента передачи преобразователя переменного напряжения в постоянное.

Аналого-цифровой преобразователь собран на микросхеме DD1, его выходы подключены к индикаторам с общим анодом HG1—HG4. Знак "–" измеряемого напряжения индицируется сегментом g индикатора старшего разряда HG1. В этом индикаторе может индицироваться только цифра 1, цифра 0 не индицируется. Для того чтобы разделить знак "–" и цифру 1, правая часть сегмента g закрашена черной краской. Конденсатор C16 и резистор R27 — задающие частоту элементы генератора микросхемы $C_г$ и $R_г$. Генератор работает на частоте 50 кГц. Конденсатор C17 и резистор R28 — элементы интегратора $C_{инт}$ и $R_{инт}$. Конденсатор C18 работает в схеме автокоррекции ($C_{ак}$), конденсатор C19 служит для запоминания образцового напряжения ($C_{обр}$). Цепь R29 C20 служит для фильтрации входного напряжения АЦП. Конденсаторы C14 и C21 — блокировочные по цепям питания.

Источник образцового напряжения 100 мВ и источник питания омметра 1,111 В собраны на элементах VT1, VT2, VD4, VD3, R23—R26. Образцовое напряжение формируется как разность между падением напряжения на светодиоде VD4 и переходе база-эмиттер транзистора VT2. Оба этих напряжения имеют отрицательный температурный коэффициент около 2 мВ/град, вследствие чего напряжение на резисторах R24—R26 термостабильно. Транзисторы сборки VT1, резистор R23, диод VD3 образуют стабилизатор тока светодиода VD4. В связи с тем, что температурный коэффициент напряжения светодиода VD4 несколько меньше температурного коэффициента напряжения перехода база—эмиттер транзистора VT2, этот стабилизатор выполнен с отрицательным температурным коэффициентом (за счет диода VD3), благодаря чему несоответствие коэффициентов VD4 и VT2 компенсируется. Для обеспечения равенства температур светодиода VD4 и транзистора VT2 они помещены в обойму, изготовленную из алюминия. Диод VD3 должен иметь тепловой контакт с обоймой, а транзисторы VT1.1 и VT1.2 входить в одну сборку.

Выходное образцовое напряжение источника 100 мВ устанавливается на резисторе R26 подстроечным резистором R24. Напряжение 1,111 В определяется резисторами R25 и R26, которые должны иметь отношение 10,11 ±0,1 %. При использовании напряжения 1,111 В в омметре оно под нагрузкой несколько уменьшается, однако это никак не отражается на точности измерений, поскольку ровно в такой же степени, как и напряжение 1,111 В, уменьшается и образцовое напряжение 100 мВ.

Схема узла питания мультиметра приведена на рис.185. Основой узла служит мультивибратор на транзисторах VT3 и VT4. При открытом транзисторе VT4 происходит накопление энергии в трансформаторе T1, при его запирании — передача накопленной энергии во вторичные цепи. Транзисторы VT5 и VT6 входят в цепь стабилизации вторичного напряжения. Пока выходное напряжение +5 В меньше номинального, транзистор VT5 закрыт, транзистор VT6 включен и насыщен, длительность коллекторных импульсов транзистора VT4 максимальна, напряжения на выходах узла питания по-

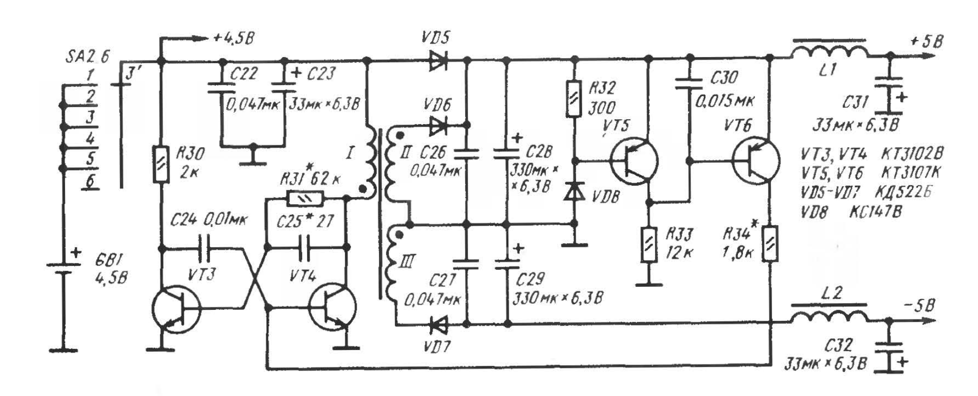


Рис.185. Узел питания мультиметра

вышаются. При достижении номинального выходного напряжения +5 В транзистор VT5 приоткрывается, коллекторный ток транзистора VT6 уменьшается, длительность импульсов тока транзистора VT4 уменьшается, выходное напряжение стабилизируется. Ток, потребляемый по цепи –5 В, меньше, чем по цепи +5 В, поэтому напряжение –5 В по абсолютной величине несколько больше 5 В.

Фильтры C26 C28 L1 C31 и C27 C29 L2 C32 служат для сглаживания пульсаций выходного напряжения, диод VD5 облегчает запуск преобразователя, в нормальном режиме работы он закрыт. Конденсатор C30 обеспечивает устойчивость стабилизации.

Резисторы R1—R11 следует подобрать с точностью 0,1 %, в крайнем случае 0,2 %.

В описываемой конструкции в основном использовались резисторы типа С2-29 мощностью 0,125 Вт. Резистор R10 типа С2-1 0,25 Вт, резистор R11 составлен из десяти параллельно соединенных резисторов С2-29 1 Ом 0,125 Вт. Резистор R1 состоит из пяти последовательно соединенных резисторов С2-29 2 МОм 0,25 Вт, в качестве R2 можно установить или два таких резистора, соединенных параллельно, или один 1 МОм.

Такую точность для остальных резисторов соблюдать не нужно, однако резисторы R17, R18, R19, R25, R26 должны быть стабильными, например С2-29.

Отклонение сопротивлений резисторов R25 и R26 от указанных на схеме должно быть не более 10 %, однако их отношение, как указано выше, должно быть 10,11 ±0,1 %. Поскольку в стандартном ряду резисторы подобрать с указанным отношением невозможно, в процессе калибровки омметра производится подбор резистора, подключаемого параллельно R25 или R26 для обеспечения необходимого соотношения.

Резисторы R17 и R18 можно выбрать в диапазоне 3...5 кОм, но их сопротивления должны быть равны друг другу с точностью до 1 %. Сопротивление резистора R19 должно составлять (85±3) % от R17, резистора R20 примерно 10 % от R19.

Резисторы R21, R22, R29 можно использовать с допуском 10 %, резистор R28 — 5 %. Резистор R16 типа КИМ-0,125. Подстроечные резисторы — СП3-19а.

Конденсатор C8 типа К73-9 с допуском 10 % на рабочее напряжение 100 В, конденсаторы C1, C17, C18 и C19 — К73-17 на напряжение 250 В. Допуск конденсатора C17 должен быть 5 %, остальных — до 20 %. Рабочее напряжение этих конденсаторов (кроме C1) может быть любым. Полярные конденсаторы, использованные в мультиметре, типа К52-1, остальные — КМ-5 или КМ-6. Конденсатор C7 подбирают из конденсаторов с номинальной емкостью 1100 пФ, его емкость должна составлять 0,109 от емкости C8 с точностью ±0,2 %.

Конденсаторы C4 и C7 должны иметь группу по ТКЕ не хуже М750. Дроссели L1 и L2 типа ДМ-0,1 с индуктивностью 200 мкГн. Подстроечные конденсаторы C3 и C6 типа КТ4-21б на напряжение 250 В. Переключатели SA1 и SA2 типа ПГ2-12-6П8Н и ПГ2-11-6П6Н.

Светодиод VD4 должен быть красного свечения, для обеспечения теплового контакта с транзистором VT2 он должен иметь металлический корпус. Транзисторы VT1 можно использовать также из сборки КР198НТ1—КР198НТ4 с любым буквенным индексом. Операционный усилитель КР544УД2 можно заменить на аналогичный с любым буквенным индексом или К544УД2 с любым индексом; микросхему КР572ПВ2А — на аналогичную с другими буквенными индексами, но это уменьшит точность мультиметра, при переработке печатной платы — на К572ПВ2А—К572ПВ2В.

Все детали мультиметра, кроме переключателей и подстроечных конденсаторов, расположены на двусторонней печатной плате размером 62,5x120 мм, чертеж платы приведен на рис.186. На рис.186,*а* дано расположение микросхем и большей части деталей и проводников на стороне расположения деталей, на рис.186,*б* — с противоположной стороны. Следует иметь в виду, что на всей поверхности платы со стороны установки микросхем, за исключением мест расположения показанных на рис.186,*а* проводников и резисторов R1—R6, сохранен сплошной слой металлизации, играющий роль общего провода. Отверстия в печатной плате со стороны установки деталей раззенкованы. Места подпайки выводов к фольге общего провода на рис.180,*а* помечены крестиками. Выводы резисторов R7—R11, R26, конденсатора C22 подпаяны к общему проводу с обеих сторон платы, в этом случае соответствующие отверстия не зенкованы.

Отметим, что общий провод цифровой части микросхемы DD1 (вывод 21) объединен с общим проводом платы только у узла питания для уменьшения влияния цифровой части на аналоговую.

Переключатели SA1 и SA2 установлены на уголке, изготовленном из латуни толщиной 1 мм (рис.187,*а*). В уголок впаяны три латунные гайки, и при помощи двух винтов М2 уголок крепится к печатной плате. Подстроечные конденсаторы для обеспечения удобства настройки установлены на небольшой печатной плате, закрепленной на торце переключателя SA2. На рис.187,*б* приведен чертеж обоймы, изготовленной из алюминия и служащей для обеспечения теплового контакта между светодиодом VD4 и транзистором VT2. Корпуса све-

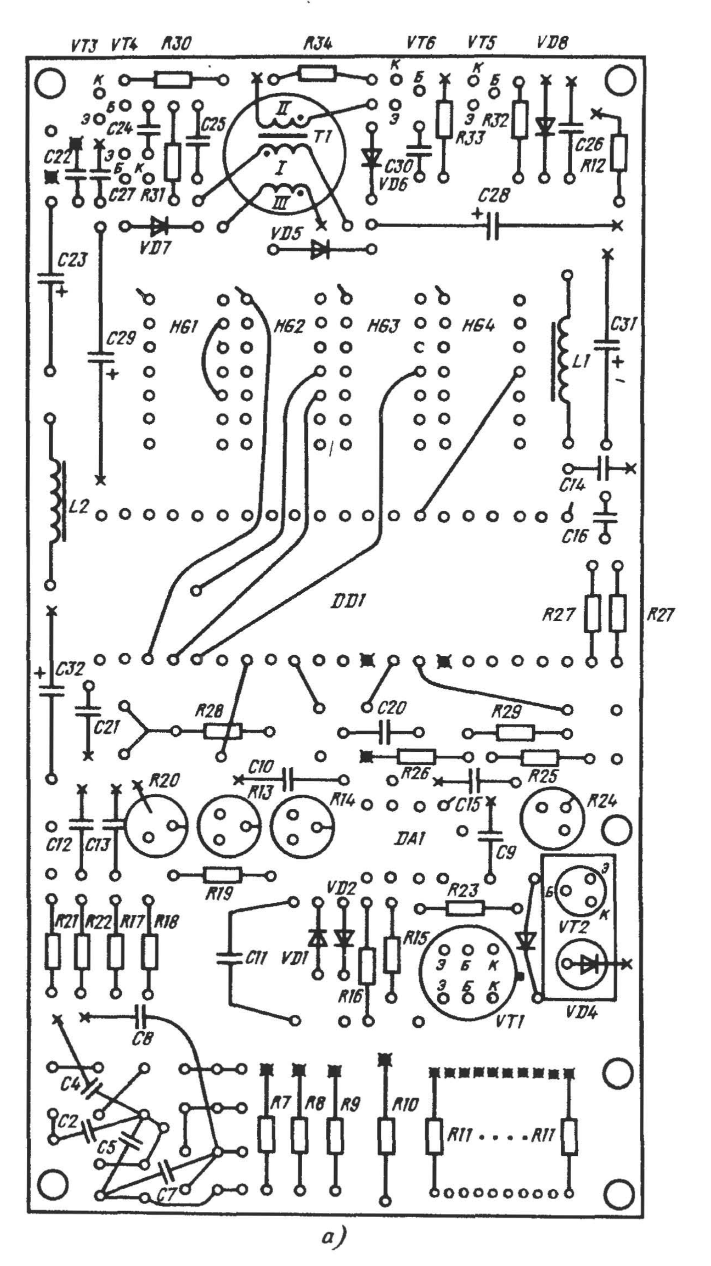


Рис.186. Печатная плата мультиметра:
а — со сторон установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

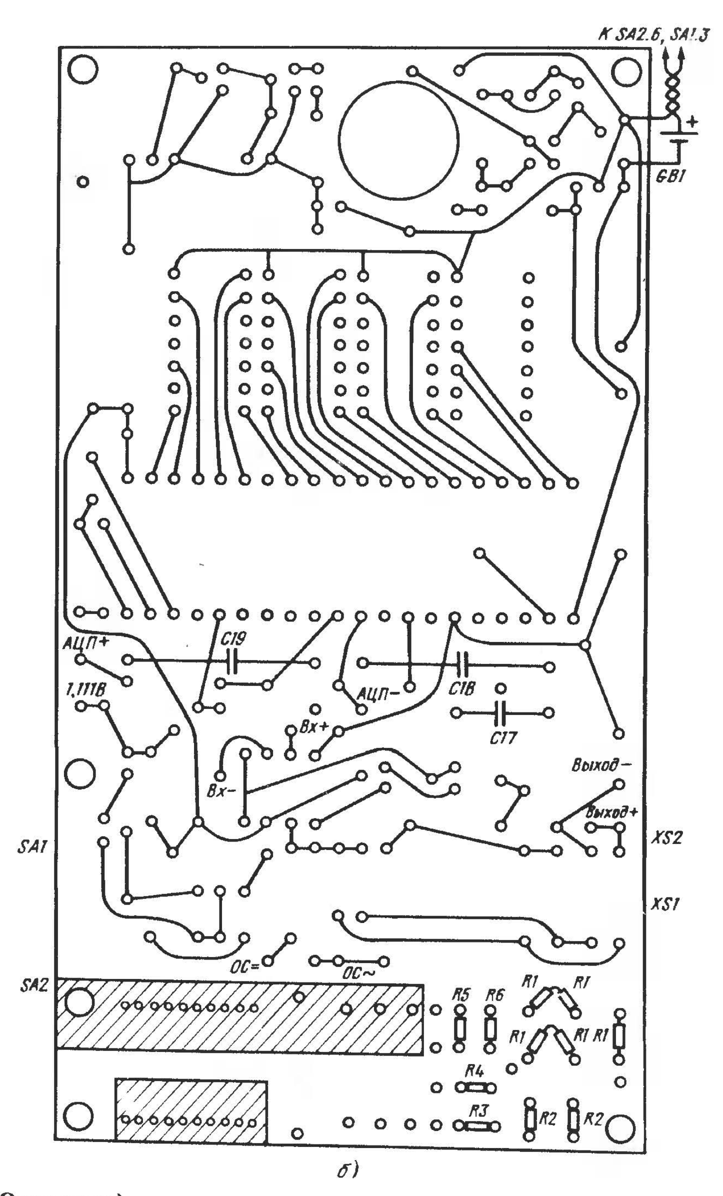


Рис. 186 (Окончание)

тодиода и транзистора обернуты тонкой фторопластовой пленкой (можно использовать полиэтиленовую), вставлены в отверстия обоймы и стянуты винтом. Корпус диода VD3 после настройки мультиметра приклеен к обойме каплей эпоксидного клея.

Входные гнезда XS1 и XS2 для штырей диаметром 1,6 мм установлены на боковой стенке корпуса напротив переключателя SA1.

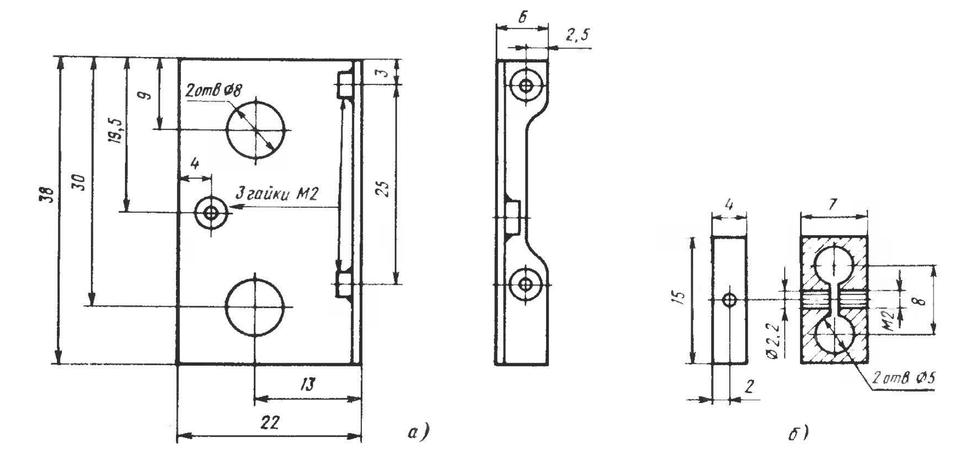


Рис.187. Уголок для крепления переключателей (*а*) и обойма для светодиода и транзистора (*б*)

Для намотки трансформатора Т1 использован кольцевой магнитопровод из феррита 600НН типоразмера 12х9х8 мм. Все три обмотки наматывают одновременно сложенным вчетверо проводом ПЭЛШО-0,1 мм, число витков каждой обмотки — 100. Две обмотки соединяют параллельно и используют как первичную. Трансформатор вклеен в отверстие печатной платы.

Плата мультиметра установлена в пластмассовый корпус с габаритными размерами 130х72х37 мм. Напротив индикаторов в корпусе прорезано окно, в которое вклеена пластина из цветного прозрачного органического стекла. Часть платы с монтажом (нижняя по рис.186 до микросхемы DD1) закрыта экраном, состоящим из двух половин, частично вложенных друг в друга. Половины экрана изготовлены из латуни толщиной 0,3 мм, оклеены изнутри самоклеющейся хлорвиниловой пленкой и закреплены одним винтом, ввернутым в уголок, на котором размещены переключатели. Напротив подстроечных конденсаторов С3 и С6 в соответствующей половине экрана пробиты отверстия. Для обеспечения соединения с общим проводом платы пленка в месте крепления к уголку снята.

Переключатели снабжены ручками-барабанами, изготовленными из алюминиевого сплава В95 (рис.188). На ручки нанесена гравировка режимов и пределов измерения. Для изоляции ручек от общего провода они установлены на текстолитовые втулки, наклеенные эпоксидным клеем на оси переключателей.

Батарею питания типа 3336 при установке следует завернуть в полиэтиленовую пленку, чтобы в случае, если она "потечет", не испортить мультиметр. Удобно также использовать батарею из четырех аккумуляторов ЦНК-0,45, установленных в пластмассовый корпус импортного аналога батареи 3336.

В связи с большой плотностью установки элементов монтаж и настройку мультиметра рекомеидуется проводить в следующей после-

довательности. Вначале необходимо собрать узел питания, между его выходами +5 В и −5 В установить резистор 1 кОм и подбором стабилитрона VD8 установить напряжение 5±0,1 В. Подбирая резисторы R34, R31 и конденсатор C25, следует добиться неизменности выходных напряжений в диапазоне входных напряжений 3...5 В. Потребляемый ток при входном напряжении 4,5 В должен быть около 40 мА, ток холостого хода не должен превышать 5 мА.

Далее следует собрать источник образцового напряжения, АЦП и установить индикаторы, начиная с HG1. Подключив к выводу 38 микросхемы частотомер через резистор с сопротивлением не менее 20 кОм, подобрать резистор R27 так, чтобы частота составляла 50 кГц ±1 %. Для удобства подбора на печатной плате предусмотрено место для двух последовательно включаемых резисторов. Подав на входы АЦП напряжение с резистора R26, следует проверить его работоспособность. Подстроечным резистором R24 при помощи вольтметра необходимо установить на резисторе R26 напряжение пример-

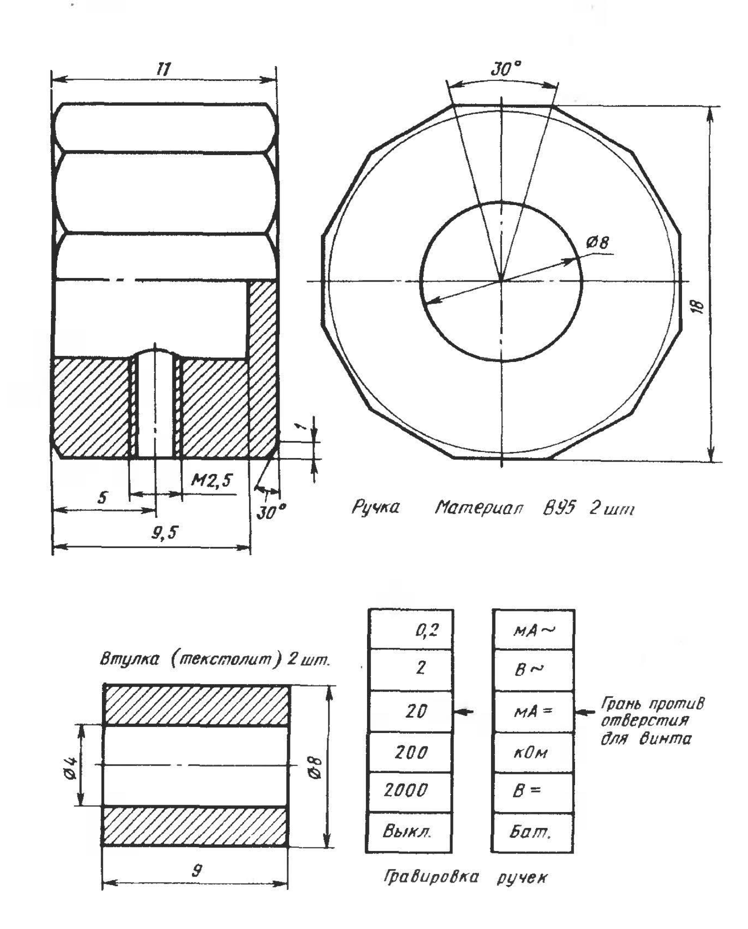


Рис.188. Ручки для переключателей

но 100 мВ. Далее, собрав преобразователь переменного напряжения в постоянное, надо подключить его выходы ко входам АЦП с соблюдением полярности. Выход ОС~ (см.рис.182) преобразователя следует соединить с инвертирующим входом усилителя DA1, неинвертирующий вход DA1 — с общим проводом и установить возможно более точно нуль на выходе DA1 вначале грубо подстроечным резистором R14, потом точно — резистором R13. При установке нуля целесообразно замкнуть выводы резистора R16.

Затем, подав на неинвертирующий вход DA1 напряжение 150...180 мВ с частотой 1000 Гц, резистором R20 установить такое же показание на индикаторах. Уменьшая входное напряжение в 10 и 100 раз, следует проверить линейность работы преобразователя.

Указанные настройки являются предварительными. Далее следует установить на плату шунты, добавочные резисторы и переключатели на уголок и собрать все остальные цепи. При монтаже секций переключателей их следует распределить так: в качестве SA1.1 и SA1.2 использовать секцию, максимально удаленную от уголка, в качестве SA1.4 и SA1.5 — ближайшую к уголку, SA1.6 и SA1.7 — вторую от уголка. В качестве SA2.5 и SA2.6 следует использовать секцию, ближайшую к уголку.

Переключатели SA2.3 и SA2.4 должны подключаться к резисторам R9, R10 и R11 каждый своим проводником, что исключает погрешность за счет сопротивлений соединительных проводников.

Соединение переключателей с платой следует производить проводниками МГТФ-0,14 минимальной длины, позволяющей откидывать уголок с переключателями вниз по рис.188. Уголок с переключателями при дальнейших регулировках должен быть закреплен на печатной плате.

Окончательную настройку мультиметра следует производить в следующем порядке. Между входами мультиметра необходимо включить эталонный резистор с сопротивлением 15...19 или 150...190 кОм, значение которого известно с точностью не хуже 0,1 %. Установив соответствующий предел измерения, при котором индицируются все четыре знака, надо проверить погрешность омметра. Если она превышает 0,1 %, необходимо рассчитать резистор, который следует подключить параллельно резистору R25 или R26. Предположим, что показания омметра занижены на 0,5 %. В этом случае сопротивление резистора R26 нужно также уменьшить на 0,5 %, для чего параллельно ему нужно установить резистор с номиналом R26x100/0,5 = 24 кОм. Если показания омметра завышены, аналогично рассчитанный резистор следует подключить параллельно резистору R25. Необходимый резистор подпаивается со стороны, противоположной стороне установки микросхем.

Проверив работу омметра на других диапазонах (на диапазоне 199,9 Ом показания могут быть завышены на 0,2...0,3 Ом за счет сопротивления соединительных проводников), мультиметр следует переключить в режим вольтметра. Подав на его вход напряжение около 1,9 или 19 В, контролируемое эталонным вольтметром, и установив соответствующий предел измерения, подстроечным резистором R24

нужно установить одинаковые показания обоих вольтметров. Работу вольтметра необходимо проверить и на других диапазонах.

Установив мультиметр в режим измерения переменных напряжений, следует аналогично откалибровать его резистором R20 на частоте 50 Гц.

Далее, установив плату с монтажом в корпус и закрепив экран, необходимо подстроить конденсаторы С3 и С6. Возможно, что при этом придется подобрать конденсаторы С2 и С5. Рекомендуемый порядок здесь такой. Вначале необходимо подать на вход напряжение около 190 мВ с частотой 5 кГц, на пределе 0,1999 запомнить показания. Переключив вольтметр на следующий предел, увеличить входное напряжение в 10 раз и подстроечным конденсатором С3 установить такие же показания. Далее необходимо переключить вольтметр на предел 19,99 В, увеличить входное напряжение еще в 10 раз и конденсатором С6 откалибровать вольтметр на этом пределе. Указанные операции по подстройке конденсаторов С3 и С6 необходимо повторить несколько раз, так как они оказывают влияние друг на друга.

В режиме измерения постоянного и переменного токов мультиметр не требует калибровки.

При пользовании мультиметром никогда не следует переключать режимы измерений при подключенном к контролируемой цепи мультиметре. Постоянное и переменное напряжения, подаваемые на вход мультиметра, не должны превышать 500 В.

При контроле напряжения батареи питания возможно хаотичное изменение показаний мультиметра (на 10...20 мВ). Но это не является признаком неустойчивой работы мультиметра. Оно связано с реальным изменением напряжения батареи при изменении числа светящихся сегментов индикатора.

3.3. ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

Описанный выше цифровой мультиметр на базе микросхемы КР572ПВ2А является достаточно сложным устройством, что объясняется необходимостью использования двух напряжений питания, источника опорного напряжения, линейного преобразователя переменного напряжения в постоянное. Мультиметр требует также довольно мощного источника энергии в связи с использованием светодиодных индикаторов.

Появление микросхемы КР572ПВ5 существенно упростило построение мультиметров. Эта микросхема выполняет те же функции, что и КР572ПВ2А, но специально приспособлена для работы с жидкокристаллическим индикатором. Микросхеме необходим один источник питания с напряжением от 7 до 10 В, она имеет внутренний стабилизатор опорного напряжения (такой стабилизатор есть и в КР572ПВ2А, но использовать его трудно) и стабилизатор напряжения 5 В для питания КМОП-микросхем.

Далее описан простой цифровой мультиметр на основе микросхемы КР572ПВ5, содержащий кроме нее лишь один полупроводниковый прибор — микросхему К561ЛП2, необходимую для управления запятыми индикатора. Упрощение устройства достигнуто также за счет отказа от измерения переменных напряжений и токов.

При измерении постоянного напряжения, тока и сопротивления прибор имеет те же параметры, что и описанный выше. Питается мультиметр от батареи "Крона" или аккумулятора 7Д-0,115, что предпочтительнее. Потребляемый ток около 1,6 мА, на пределе 0,1999 омметра он увеличивается на 1 мА.

Схема мультиметра приведена на рис.189. Резисторы R11—R16 входят в делитель входного напряжения, R17—R21 — шунты при измерении тока. Как указывалось выше, микросхема КР572ПВ5 имеет встроенный источник опорного напряжения. Оно составляет 2,8 ± 0,4 В, источник подключен плюсом к плюсу источника питания микросхемы, который на рис.189 для удобства обозначен 0 В. Вывод 32 опорного напряжения обозначен —3 В и используется в ка-

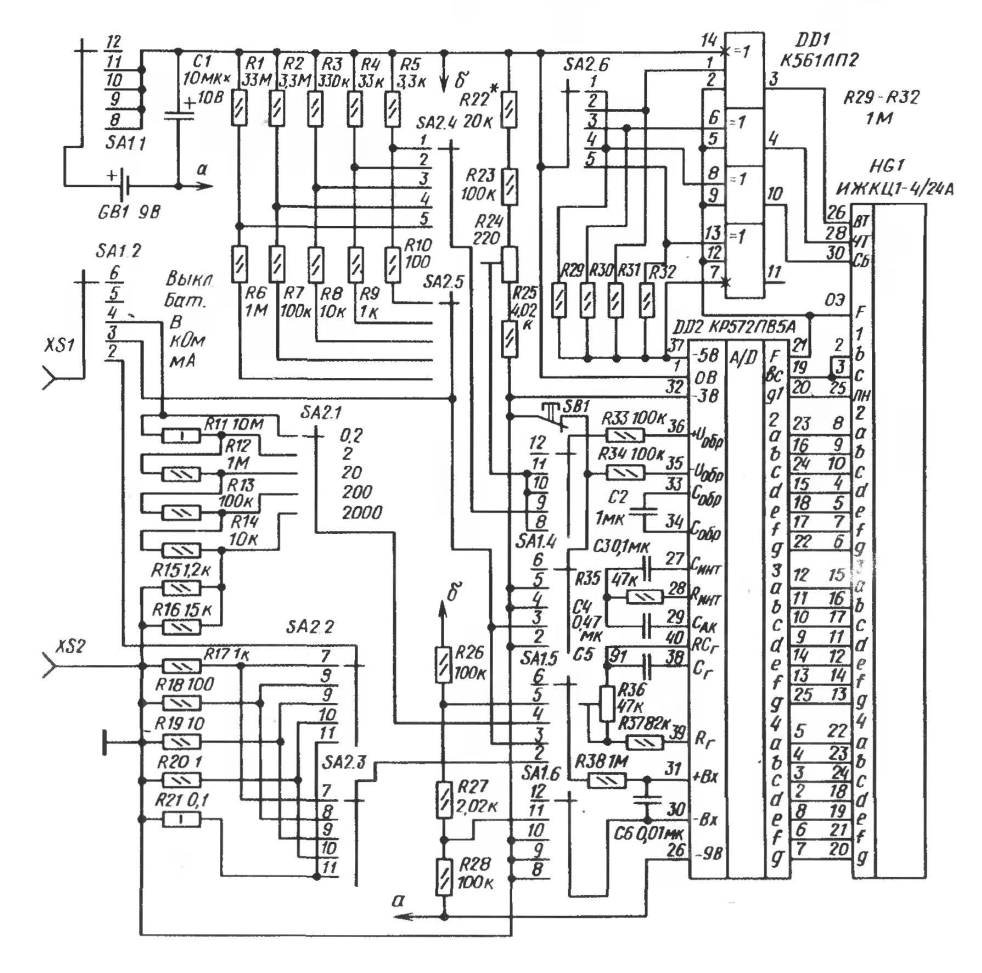


Рис.189. Схема мультиметра с жидкокристаллическим индикатором

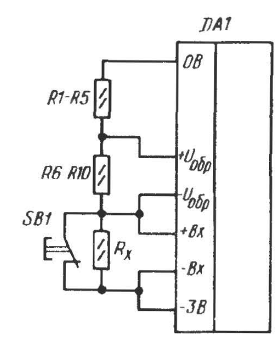


Рис.190. Схема омметра

честве аналогового общего провода мультиметра. Образцовое напряжение 100 мВ получено из опорного при помощи делителя R22—R25.

Принцип работы омметра проиллюстрирован рис.190. Опорное напряжение приложено к делителю из трех резисторов: токозадающего R1—R5, образцового R6—R10 и измеряемого. Токозадающий резистор подобран так, что падение напряжения на образцовом резисторе составляет около 100 мВ. Отношение напряжений на измеряемом и образцовом резисторах с точностью до множителя 10^n является сопротивлением измеряемого резистора и отображается на индикаторе мультиметра.

При измерении сопротивлений различных величин может несколько меняться ток через токозадающий резистор, но это не отражается на точности измерений, так как микросхема DD2 измеряет отношение напряжений. Не влияет на точность и некоторое уменьшение напряжения опорного источника под нагрузкой (на диапазоне 0,1999 кОм она составляет около 1 мА).

Кнопка SB1 необходима для того, чтобы образцовое напряжение подавалось на входы $+U_{обр}$ и $-U_{обр}$ независимо от того, подключен измеряемый резистор или нет. При ее отсутствии показания омметра будут устанавливаться слишком долго. Для отсчета показаний необходимо нажать кнопку SB1 после подключения измеряемого резистора.

Первое положение подвижного контакта переключателя SA1 после состояния "Выкл" служит для контроля напряжения питания, которое через делитель R26—R28 подается на входы микросхемы DD2. Показания мультиметра в этом режиме не зависят от положения переключателя диапазонов SA2.

Подключенные к микросхеме DD2 резисторы R36 и R37 и конденсатор C5 являются частотозадающими элементами генератора, резистором R36 устанавливается частота генерации 50 кГц. Конденсатор C3 и резистор R35 — элементы интегратора, конденсатор C4 работает в цепи автокоррекции, C2 служит для запоминания образцового напряжения. Цепь R38 C6 служит для фильтрации входного напряжения АЦП, R33 и R34 защищают микросхему DD2 от перенапряжений в режиме омметра при случайном подключении прибора в устройство, находящееся под напряжением.

Управление местоположением запятой при отсчете показаний осуществляет микросхема DD1. На объединенные входы ее элементов подан сигнал с частотой около 60 Гц с выхода F микросхемы DD2, при лог.0 на других входах элементов они повторяют этот сигнал, напряжение на электродах запятых синфазно напряжению общего электрода и запятые погашены. Если на вход одного из элементов DD1 подается лог.1 с переключателя SA2.6, этот элемент начинает инвертировать сигнал 60 Гц, напряжения на электроде, соответствующей запятой, и на общем электроде становятся противофазными, запятая — видимой. В использовавшемся автором индикаторе крайней правой запятой для диапазона 1999 нет, но в других индикаторах она может быть, поэтому цепь четвертого элемента DD1 (с выходом 11) также разведена на печатной плате.

Питание микросхема DD1 получает от специального стабилизатора напряжения, несколько меньшего по абсолютной величине 5 В, имеющегося в микросхеме DD2 (вывод 37).

Резисторы R6—R21 следует подобрать с точностью 0,1 %, в крайнем случае 0,2 %. В описываемой конструкции в основном использовались резисторы типа С2-29 мощностью 0,125 Вт. Резистор R21 составлен из 10 параллельно соединенных резисторов С2-29 1 Ом 0,125 Вт. Резистор R11 состоит из пяти последовательно соединенных резисторов С2-29 2 МОм 0,25 Вт.

Такую точность для остальных резисторов соблюдать не нужно, однако резисторы R22, R23, R25—R28 должны быть стабильными, например С2-29. Резисторы R26—R28 могут иметь другие номиналы, но коэффициент деления делителя должен быть 0,01 ±0,1 %. Резистор R27 составлен из двух: С2-29 2 кОм 0,125 Вт 0,1 % и МЛТ-0,125 Вт 20 Ом 10 %. Резистор R1 типа КИМ-0,125, подстроечные резисторы — СП3-19а, остальные — МЛТ-0,125.

Конденсаторы C3 и C4 типа К73-11 с допуском 10 % на рабочее напряжение 63 В, конденсатор C2 К73-17 на напряжение 100 В с тем же допуском. Конденсатор C1 типа К50-6.

Переключатели SA1 и SA2 типа ПГ2-11-6П6Н, на принципиальной схеме дана нумерация контактов, приведенная на платах переключателей. Кнопка SB1 — микропереключатель МП7 со специально изготовленным толкателем.

В мультиметре использован жидкокристаллический индикатор ИЖКЦ-4/24А, предназначенный для работы в электронных часах. Этот индикатор не имеет запятых, в нем невозможна отдельная индикация сегмента g первого разряда для знака "−", поэтому в качестве запятых используются сегменты дней недели ВТ, ЧТ, СБ, что вполне приемлемо, а в качестве знака "−" — сегмент ПН. Более удобно было бы использование индикатора ИЖЦ5-4/8.

Все детали мультиметра, кроме переключателей и батареи питания, расположены на двух печатных платах размером 65 х 85 мм. Основная плата — двусторонняя, на рис.191,*а* дано расположение микросхем, деталей и проводников на стороне расположения деталей, на рис.191,*б* — с противоположной стороны. На рис.192 показано расположение проводников на односторонней плате для подпайки индикатора.

Переключатели SA1 и SA2 установлены на кронштейне, изготовленном из латуни толщиной 1 мм (рис.193). Этим же кронштейном скреплены с одной стороны между собой обе печатные платы. С другой стороны они соединены между собой с помощью двух латунных резьбовых втулок диаметром 5 мм и такой же высотой (рис.194). Входные гнезда XS1 и XS2 для штырей диаметром 1,6 мм установлены на небольшом кронштейне над микросхемой DD1 и резисторами R29—R32 (рис.195).

Переключатели снабжены такими же ручками-барабанами, как и в предыдущей конструкции (рис.188). Гравировка ручек показана на рис.190.

Платы мультиметра установлены в пластмассовый корпус с габаритными размерами 116x72x34 мм. Основная плата крепится винтами М2 к четырем бобышкам из органического стекла. В плате с индикатором под эти бобышки по углам сделаны вырезы. Напротив индикатора в корпусе прорезано окно, в которое вклеена пластина из бесцветного прозрачного органического стекла.

Сборку и настройку мультиметра следует производить в следующем порядке. На основную печатную плату установить детали, за исключением R1—R23 и переключателей, подать напряжение питания и измерить опорное напряжение $U_{оп}$ между выводами 32 и 1 микросхемы DD2, отключить питание. По измеренному напряжению рассчитать необходимые сопротивления резисторов R1—R5 и R22 + R23:

$$R22 + R23 = 40U_{оп} \text{ (В, кОм)},$$
$$R1 = (10...11)U_{оп} \text{ (В, МОм)}.$$

Резисторы R2—R5 должны быть в 10, 100 и т.д. раз меньше R1. Далее подобрать стабильные резисторы R22 и R23 с необходимым

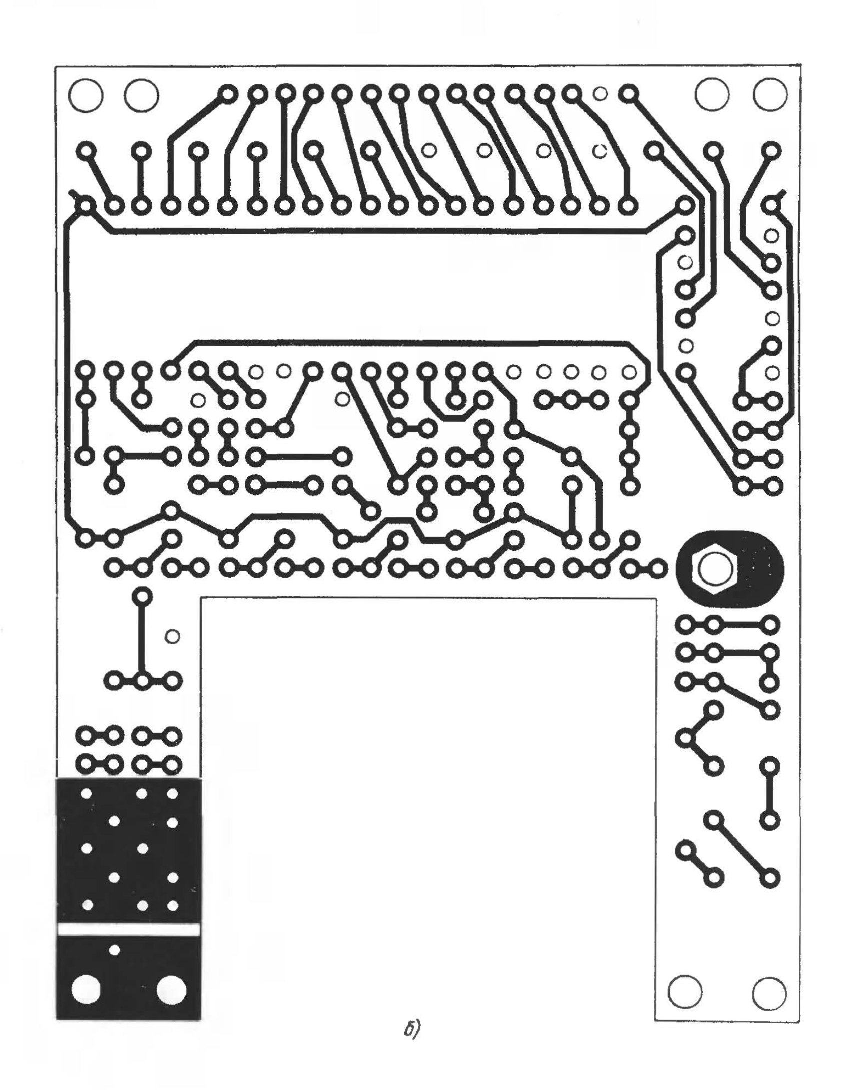


Рис.191. Печатная плата мультиметра:
а — со сторон установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

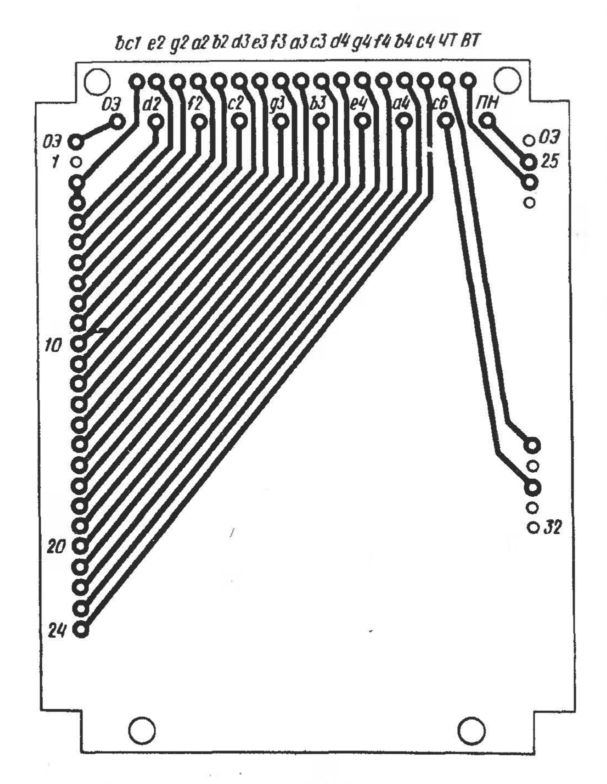


Рис.192. Печатная плата для установки индикатора

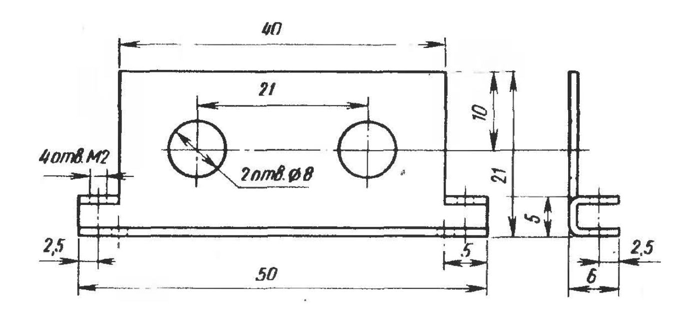


Рис.193. Кронштейн для переключателей

суммарным сопротивлением и допуском ±2 %. Для R1—R5 допуск 10 %, они не обязательно должны быть стабильными. На рис.189 указаны номиналы этих резисторов для опорного напряжения 3 В.

Установить переключатели, произвести монтаж их цепей проводом МГТФ-0,14, установить все оставшиеся резисторы. Общий провод шунтов R17—R21 выполнен в виде скобы из медного луженого

провода, впаянной концами в плату. Провод от гнезда XS2 к этой скобе следует проложить отдельно от других цепей и подключить к концу скобы у резисторов R21, остальные проводники этой цепи могут быть проложены произвольно и подключены к этой скобе на другом ее конце. Шунты R19—R21 необходимо подключать к секциям переключателя SA2 каждый двумя проводниками, каждый проводник к своей секции, у R21 для этого предусмотрены два контакта. Поскольку почти все резисторы устанавливаются перпендикулярно печатной плате, в большинстве случаев при отсутствии необходимого номинала их можно составлять из двух последовательно включенных резисторов.

Микропереключатель SB1 закреплен на плате при помощи проволочного хомутика.

Далее подпаять плату с индикатором и после тщательной проверки монтажа подать питание.

Подключив частотомер через резистор не менее 51 кОм к выводу 38 микросхемы DD2 и к плюсу батареи питания, проверить, что частоту генератора микросхемы можно регулировать резистором R36 в пределах не менее 45...55 кГц, при необходимости подобрать резистор R37. Установить частоту генератора 45 кГц.

Откалибровать вольтметр, подав на его вход контролируемое точным вольтметром напряжение 1,8...1,9 В, при помощи подстроечного резистора R24. Установив входное напряжение, максимально близ-

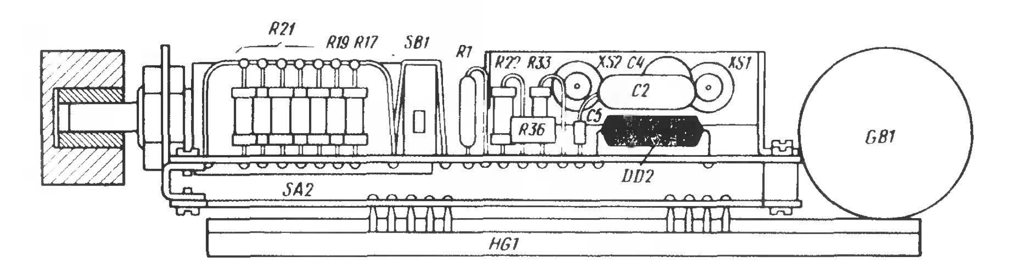


Рис.194. Вид на монтаж мультиметра

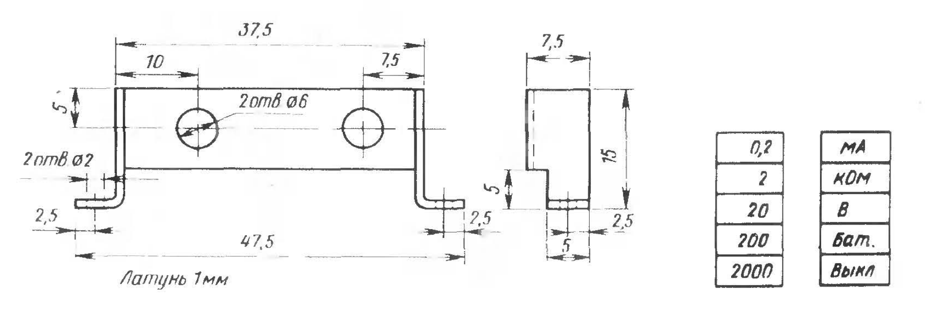


Рис.195. Кронштейн для входных гнезд

Рис.196. Гравировка ручек переключателей

кое к предельному напряжению на этой шкале, сменить его полярность, должен появиться знак "–". Если показания прибора при этом будут отличаться более чем на единицу младшего разряда, необходимо подобрать номинал R35. Для этого последовательно с R35 подключить подстроечный резистор 47 кОм и, плавно увеличивая его, добиться равенства показаний при положительном и отрицательном входном напряжении. Заменить резистор R35 на резистор с суммарным подобранным сопротивлением или несколько большим и установить частоту генератора 50 кГц, что обеспечит необходимый запас по линейности.

Следует проверить правильность показаний вольтметра на других пределах, работу омметра и миллиамперметра.

Из-за несовершенства микросхемы и утечек по плате омметр имеет систематическую погрешность — занижает показания на 0,1...0,2 %. Для ее исключения целесообразно резисторы R6—R10 подобрать с минусовым допуском той же величины (0,1...0,2 %) или вместо них использовать по два последовательно включенных резистора из ряда 499 (вместо R6 два по 499 кОм, вместо R7 два по 49,9 кОм и т.д.).

Напряжение, подаваемое на вход мультиметра на диапазоне 1999 В, не должно превышать 500 В.

4. КМОП-МИКРОСХЕМЫ В УСТРОЙСТВАХ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Основные свойства КМОП-микросхем – малое потребление, большое входное сопротивление, большой диапазон питающих напряжений, а также хорошая номенклатура определяют широкое применение КМОП-микросхем в устройствах телемеханики. В данном разделе приведены описания нескольких устройств, иллюстрирующих их применение в узлах шифрации и дешифрации систем телеуправления и в кибернетической игрушке.

4.1. ШИФРАТОР И ДЕШИФРАТОР ПРОСТОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Описываемые здесь шифратор и дешифратор позволяют создавать систему телеуправления с передачей до семи дискретных команд. Шифратор и дешифратор полностью выполнены на микросхемах КМОП, что определяет их высокую экономичность.

Для передачи команд используется число-импульсный код. Семи командам соответствуют пачки из одного-семи импульсов. Пачки из восьми импульсов соответствуют отсутствию команды.

Схема шифратора приведена на рис. 197. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор, работающий на частоте около 200 Гц. В связи с тем, что порог переключения элементов КМОП не соответствует точно половине напряжения питания, для симметрирования импульсов в традиционную схему генератора добавлены элементы R2 и VD1.

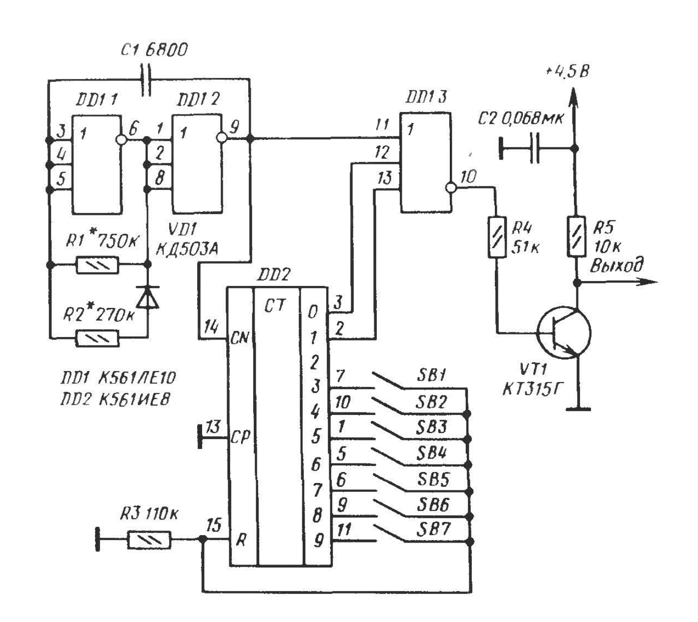


Рис.197. Принципиальная схема шифратора

Импульсы генератора подаются на счетчик с дешифратором (микросхема DD2), имеющий коэффициент пересчета 10. В те моменты времени, когда счетчик находится в состоянии 0 или 1, на выходах 0 или 1 (выводы 3 и 2 соответственно) присутствует лог.1, которая запрещает прохождение импульсов генератора через элемент DD1.3 на выходной ключ дешифратора, выполненный на транзисторе VT1. При остальных состояниях счетчика импульсы с генератора в положительной полярности проходят на базу транзистора VT1 и включают его. На коллекторе транзистора VT1 формируются импульсы отрицательной полярности, они могут по проводной или другой линии связи передаваться на дешифратор системы.

Если ни одна из кнопок SB1—SB7 не нажата, счетчик DD2 работает с коэффициентом пересчета 10 и на выходе DD1.3 формируются пачки из восьми импульсов, разделенные интервалом, равным 2,5 периода импульсов, подаче таких пачек соответствует отсутствие команды (первые четыре временные диаграммы на рис.198).

Рассмотрим, как происходит формирование команд на примере команды, содержащей пять импульсов. Если нажать кнопку SB5, счетчик, как и ранее, запретит прохождение на выход первых двух импульсов. Затем на VT1 проходят 5 импульсов, после чего счетчик устанавливается в состояние 7, и на его выходе 7 (вывод 6 DD2) появляется лог.1. Этот сигнал через замкнутые контакты кнопки SB5 поступает на вход R счетчика DD2 и сбрасывает его в 0. В результате на выводе 10 элемента DD1.3 формируются пачки из пяти импульсов, разделенные интервалами такой же длительности, что и при отсутствии передачи команды (две нижние диаграммы на рис.198).

При нажатии на любую другую кнопку генерируются пачки с соответствующим номеру кнопки числом импульсов от одного до семи, разделенные таким же интервалом.

Схема дешифратора приведена на рис.199. Пачки входных импульсов отрицательной полярности поступают на формирователь, собранный на элементах R1, C1, DD1.1. Такой формирователь (см. рис.138,*а*) обладает свойствами интегрирующей цепи и триггера Шмитта. На его выходе импульсы несколько задержаны относительно входных и имеют крутые фронты независимо от крутизны фронтов входных импульсов, кроме того, этот формирователь подавляет импульсные помехи малой длительности.

С выхода элемента DD1.1 импульсы поступают на детектор паузы. Он собран на элементах R2, C2, VD1, DD1.2. Работа детектора паузы проиллюстрирована рис.200 (диаграммы DD1:7 и DD1:6).

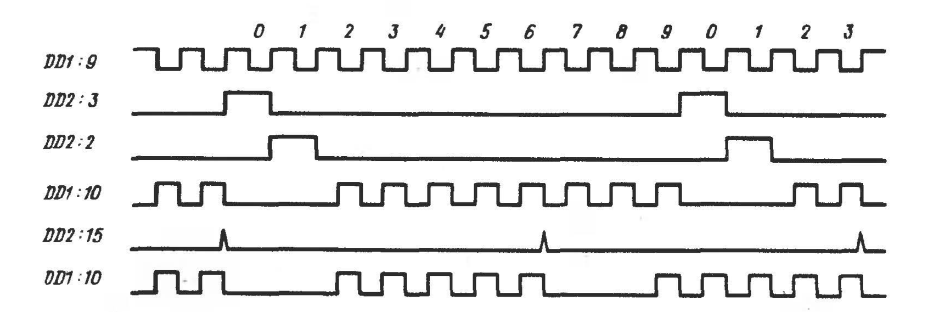


Рис.198. Временные диаграммы работы шифратора

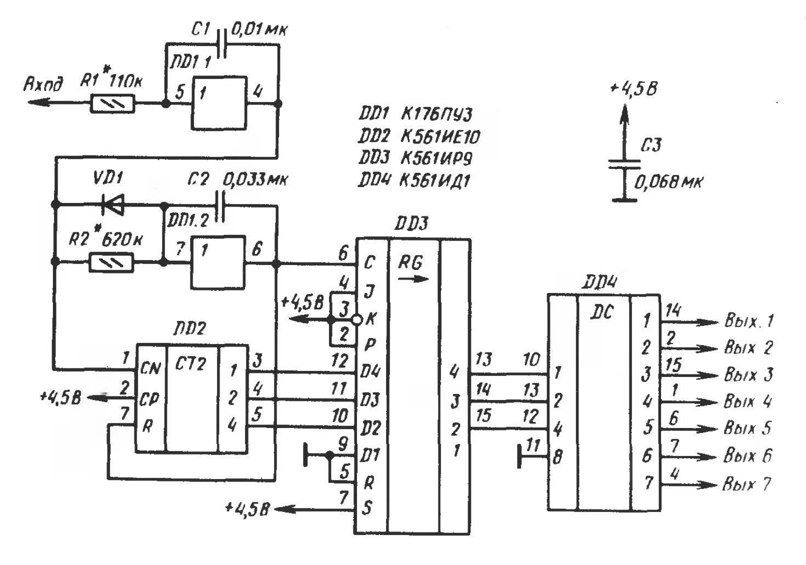


Рис.199. Принципиальная схема дешифратора

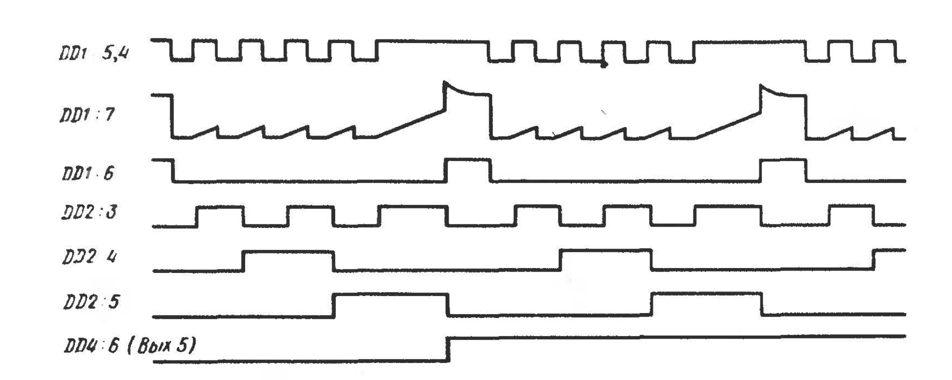


Рис.200. Временные диаграммы работы дешифратора

Первый отрицательный импульс пачки, проходя через диод VD1 на вход элемента DD1.2, переключает его в состояние 0. В паузе между импульсами происходит постепенный заряд конденсатора C2 током, текущим через резистор R2, напряжение при этом, однако, не доходит до порога переключения этого элемента. Каждый последующий входной импульс через диод VD1 быстро разряжает конденсатор C2, поэтому во время действия пачки на выходе DD1.2 лог.0. В паузе между пачками напряжение на входе элемента DD1.2 достигает порога переключения, этот элемент лавинообразно переключается (за счет положительной обратной связи через конденсатор C2) в состояние 1. В результате в паузе между пачками на выходе 8 элемента DD1.2 формируется положительный импульс, сбрасывающий счетчик DD2 в 0.

Импульсы с выхода формирователя DD1.1 поступают также на счетный вход CN счетчика DD2, в результате чего после окончания пачки счетчик устанавливается в состояние, соответствующее числу импульсов в пачке. Фронтом импульса с детектора паузы DD1.2 происходит перепись состояния счетчика в регистр DD3. Выходные сигналы регистра DD3 поступают на дешифратор DD4, в результате при приеме пачек из одного-семи импульсов на соответствующем выходе дешифратора DD4 появляется лог.1. После приема пачки из восьми импульсов лог.1 появляется на выходе 0 дешифратора DD4, она не используется.

Описанные шифратор и дешифратор собраны на печатных платах из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Размеры односторонней платы шифратора 37,5x35 мм, двусторонней платы дешифратора 42,5x45 мм, чер-

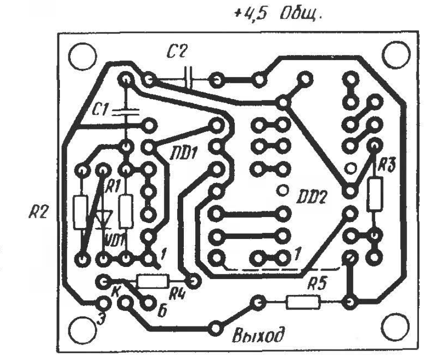


Рис.201. Печатная плата шифратора

тежи плат приведены соответственно на рис.201 и 202. В устройствах использованы резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы КМ-5 и КМ-6. Без переработки печатных плат можно использовать вместо микросхем К561ИЕ8, К561ЛЕ10 и К561ИД1 соответствующие микросхемы серии К176, однако не все из них могут нормально работать при напряжении питания 4,5 В, возможно, что его прндется увеличить до 9 В. Если микросхему К176ПУ3 заменить на К561ПУ4 (эта замена также возможна без изменения рисунка печатной платы), напряжение питания можно будет выбрать в диапазоне 3...15 В.

Микросхему К561ИЕ10 (КР1561ИЕ10) в дешифраторе можно заменить на К561ИЕ11, К176ИЕ1, К176ИЕ2, микросхема К561ИР9 заменяется на К176ИР3, однако эти замены требуют переработки схем и печатных плат (рис.203). Кроме того, неинвертирующие элементы микросхемы К176ПУ3 можно заменить на элементы других микросхем, как это описано во втором разделе книги. Микросхему К561ИЕ8 можно заменить на К561ИЕ9, в этом случае число команд уменьшится до пяти.

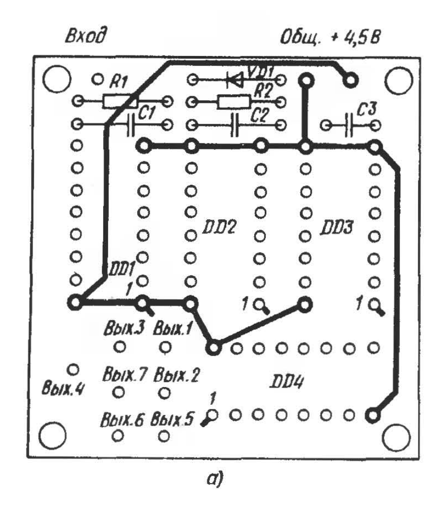
Сборку системы и ее настройку рекомендуется проводить в следующей последовательности.

На плате шифратора подбором резисторов R1 и R2 установить частоту импульсов 180...220 Гц со скважностью, близкой к 2. При отсутствии осциллографа можно воспользоваться высокоомным вольтметром постоянного тока — среднее напряжение на выводе 9 DD1.2 должно быть равно половине или быть несколько меньше половины напряжения питания. Точное значение частоты особой роли не играет, а скважность следует выдержать.

Далее можно проверить правильность генерации пачек, нажимая поочередно кнопки SB1—SB7. При этом на выходе 10 DD1.3 должны быть пачки из 1—7 импульсов, если кнопки не нажимать, число импульсов в пачках должно быть 8. При отсутствии осциллографа о правильности генерации пачек можно судить по среднему напряжению на выходе DD1.3 — при пачках из восьми импульсов оно должно составлять 40 % от напряжения источника питания, при семи импульсах — 39 %, при шести — 37,5 %, при пяти — 36 %, при четырех — 33 %, при трех — 30 %, при двух — 25 %, при одном импульсе в пачке — 17 %.

Затем нужно собрать дешифратор и соединить между собой выход шифратора и вход дешифратора. В дешифраторе следует убедиться в прохождении импульсов через формирователь DD1.1, их форма и скважность не должны заметно измениться, и в правильности работы детектора паузы — длительность положительных импульсов на выводе 6 элемента DD1.2 должна быть около периода входных импульсов, среднее напряжение на этом выводе при отсутствии передачи команд (т.е. при подаче пачек из восьми импульсов) должно составлять около 10 % от напряжения питания, при нажатии кнопки SB1 — 33 %. При необходимости длительность указанного импульса установить подбором R2.

Далее, формируя в шифраторе пачки из одного—семи импульсов, следует убедиться, что при этом на соответствующем входе микросхемы DD4 дешифратора и на его выходах появляются потенциальные сигналы с уровнем лог.1. Для надежности последнюю проверку целесообразно повторить, увеличив и уменьшив емкость конденсатора С1 шифратора на 20 %, для чего параллельно с ним установить конденсатор 1300 пФ, затем последовательно 0,033 мкФ. Такая проверка гарантирует сохранение работоспособности устройства при колебаниях температуры и напряжения питания.



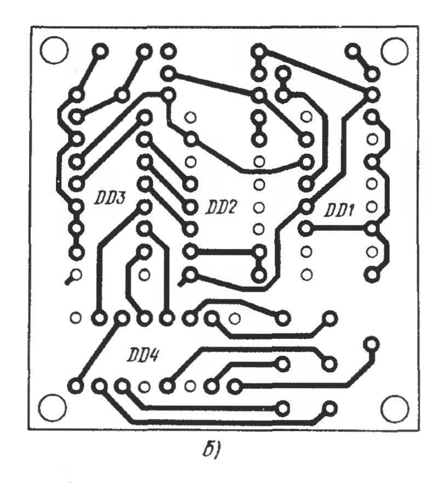


Рис.202. Печатная плата дешифратора:
а — со сторон установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

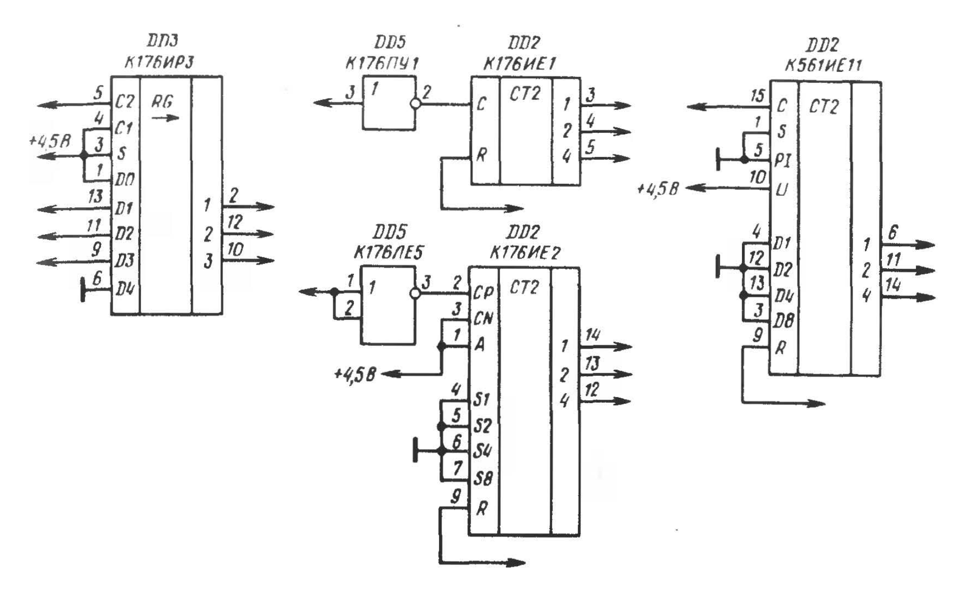


Рис.203. Варианты замены микросхем

При подборе конденсаторов и резисторов для устройства можно использовать конденсаторы вдвое большей или вдвое меньшей емкости, соответственно изменяя резисторы, образующие с ними времязадающие цепи, с тем, чтобы их произведение не менялось. Для конденсатора C1 шифратора это резисторы R1 и R2, для C1 дешифратора — R1, для C2 — R2.

4.2. ШИФРАТОР И ДЕШИФРАТОР МНОГОКОМАНДНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Описываемые здесь шифратор и дешифратор позволяют создавать систему телеуправления с одновременной передачей до семи дискретных команд. Для передачи команд используется число-импульсный код. Семи командам, передаваемым поочередно, соответствуют пачки из одного—семи импульсов. Если вместо какой-либо из пачек указанной длительности передается пачка из восьми импульсов, данная команда отсутствует.

Схема шифратора приведена на рис.204. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор, работающий на частоте около 1 кГц. Выход генератора подключен ко входу счетчика DD2. Если ни один из переключателей SA1—SA7 не включен, шифратор работает аналогично описанному выше, счетчик считает с коэффициентом пересчета 10 и на выходе DD1.3 формируются пачки из восьми импульсов, разделенные интервалами, равными 2,5 периода колебаний генератора. Предположим теперь, что замкнуты контакты каких-либо двух выключателей, например SA2 и SA3. Работу шифратора рассмотрим,

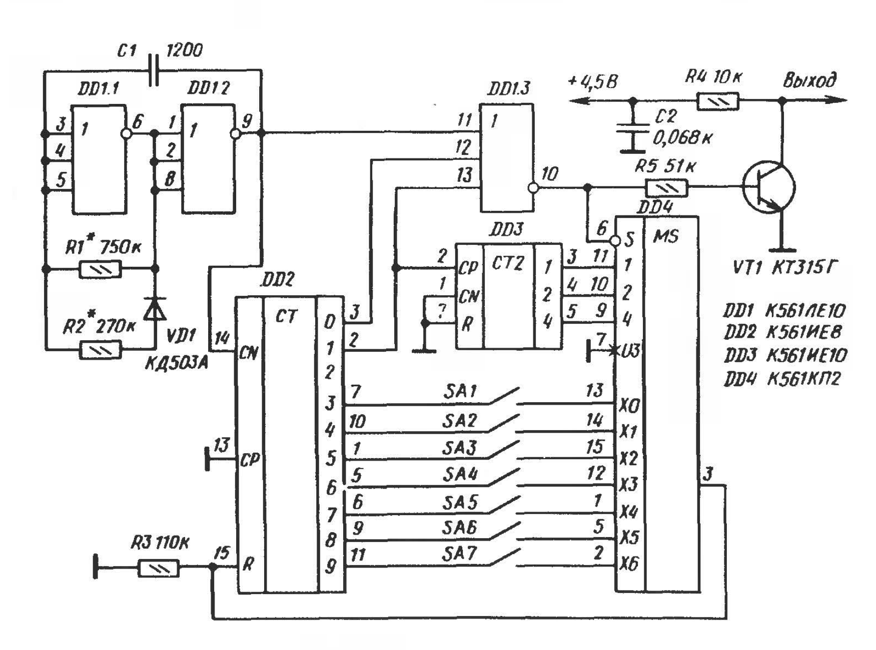


Рис.204. Принципиальная схема шифратора

начиная с момента, когда счетчик DD3 находится в нулевом состоянии. В этом случае выход мультиплексора DD4 (выход 3) через его внутренние ключи соединен со входом X0 (вывод 13), но поскольку выключатель SA1 не замкнут, это никак не влияет на работу счетчика DD2, и он выполняет весь цикл счета (рис.205).

В начале следующего цикла, когда на выходе 1 (вывод 2) счетчика DD2 заканчивается импульс положительной полярности, счетчик DD3 переключается в состояние 1 и выход мультиплексора DD4 соединяется с его входом X1. Последний, как видно из схемы, соединен через переключатель SA2 с выводом 10 счетчика DD2, поэтому, когда он переходит в состояние 4, лог.1 через мультиплексор DD4 поступает на вход R и возвращает его в нулевое состояние. В результате на выходе элемента DD1.3 формируется пачка из двух импульсов, а счетчик DD2 начинает новый цикл счета. В нем счетчик DD3 переходит в состояние 2, выход мультиплексора соединяется со входом X2, сигнал установки в 0 счетчика DD2 поступает на его вход R после перехода в состояние 5, и на выходе устройства формируется пачка из трех импульсов.

После завершения формирования восьмой пачки импульсов цикл работы шифратора повторяется. Максимальная длительность цикла при частоте задающего генератора 1 кГц — 80 мс, при подаче команд она несколько меньше.

Принципиальная схема дешифратора показана на рис.206, а временные диаграммы работы — в нижней части рис.205. Устройство состоит из формирователя импульсов, детектора паузы, счетчика импульсов, регистра, дешифратора и семи (по числу команд) формирователей управляющих сигналов.

Работа указанных узлов, кроме формирователей управляющих сигналов, не отличается от работы соответствующих узлов дешифратора предыдущей системы. После приема пачек из одного—семи импульсов на соответствующем выходе дешифратора DD4 появляется лог.1 (рис.205), она присутствует до окончания приема очередной пачки. После приема пачки из восьми импульсов лог.1 появляется на выходе 0 дешифратора DD4, она не используется.

Длительность положительных импульсов на выходах дешифратора DD4 составляет в зависимости от количества импульсов пачки, следующей за данной, 3...10 мс, период может достигать 80 мс. Эти импульсы для управления исполнительными механизмами малопригодны. Для превращения последовательностей импульсов в потенциальные сигналы служат цепи, собранные на элементах VD2—VD8, R3—R9, C5—C11, DD1.3—DD5.6. Работают эти цепи примерно так же, как и детектор паузы VD1, R2, C2, DD1.2.

При приеме, например, пачек из одного импульса появится последовательность положительных импульсов на выходе 1 (вывод 14) DD4. Первый же импульс последовательности через диод VD2 переведет элемент DD1.3 в состояние 1. В паузе между импульсами конденсатор C5 медленно разряжается через резистор R3, напряжение на входе DD1.3 при этом, однако, не доходит до порога переключения этого элемента. Каждый последующий импульс через диод VD2 быстро дозаряжает конденсатор C3 до уровня лог.1, поэтому во время

Рис.205. Временные диаграммы работы шифратора и дешифратора

действия последовательности импульсов на выходе элемента DD1.3 лог.1. После окончания передачи команды и прекращения последовательности импульсов на выходе 1 DD4 конденсатор C3 разряжается через резистор R3 до порога переключения элемента DD1.3, и этот элемент лавинообразно переключается в 0.

Описанные шифратор и дешифратор собраны на двухсторонних печатных платах из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Габаритные размеры платы шифратора 37,5x52,5 мм, платы дешифратора 42,5x72,5 мм, чертежи плат приведены на рис.207 и 208. В устройствах использованы резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы КМ-5 и КМ-6. Без переработки печатных плат вместо микросхем К561ИЕ8, К561ЛЕ10 и К561ИД1 можно применять соответствующие микросхемы серии К176, однако возможно, что напряжение питания придется увеличить до 9 В.

Сборку системы и ее настройку рекомендуется проводить в следующей последовательности.

На плате шифратора необходимо установить все элементы, кроме DD3 и DD4. Подбором резисторов R1 и R2 установить частоту импульсов 800...1200 Гц со скважностью, близкой к 2.

Далее можно проверить правильность генерации пачек, соединяя поочередно между собой выходы 3—9 микросхемы DD2 (выводы 7, 10...11) со входом сброса R этой микросхемы (вывод 15). При этом на выходе 10 DD1.3 должны быть пачки из одного—семи импульсов, если указанных соединений не производить, число импульсов в пачках должно быть восемь.

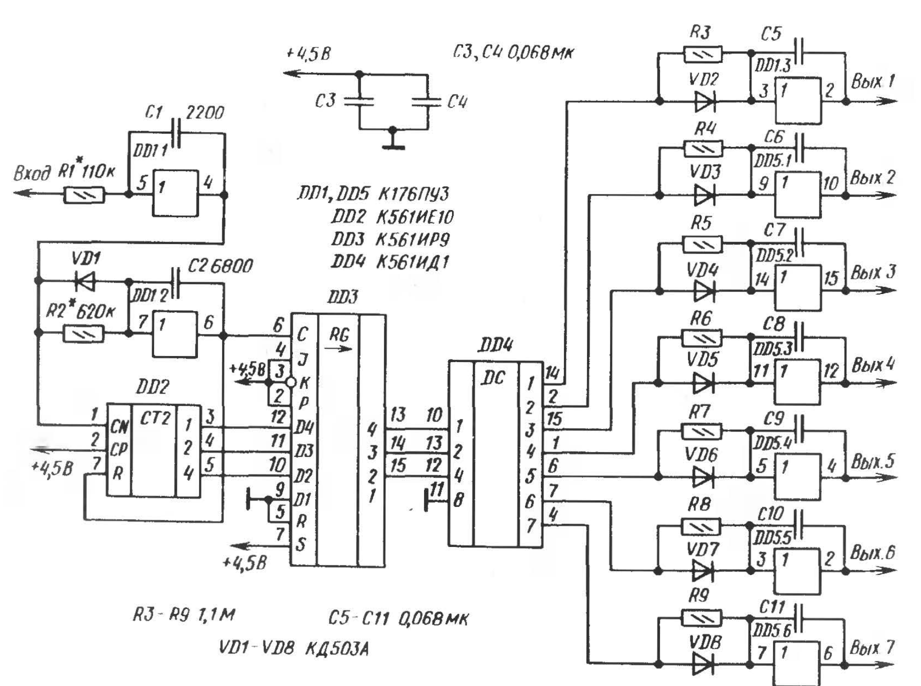


Рис.206. Принципиальная схема дешифратора

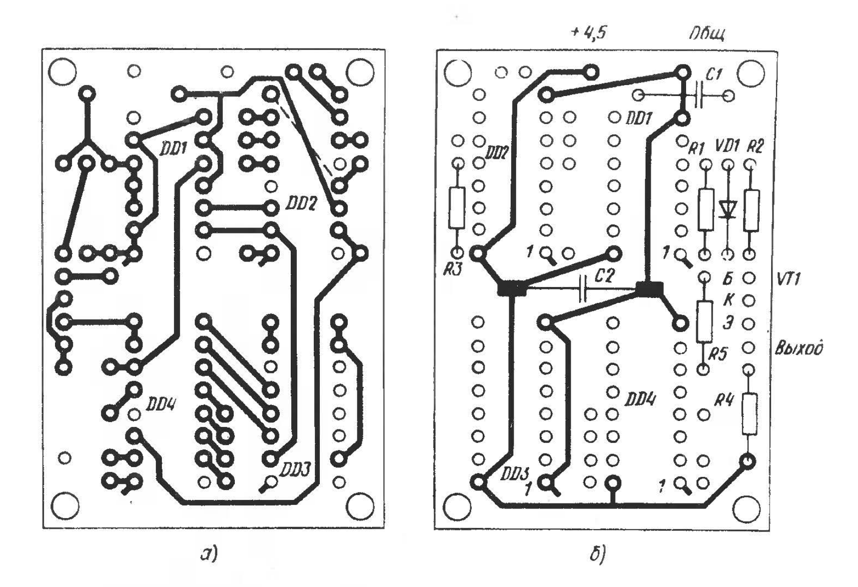


Рис.207. Печатная плата шифратора:
а — сторона, противоположная стороне установки микросхем; *б* — сторона установки микросхем

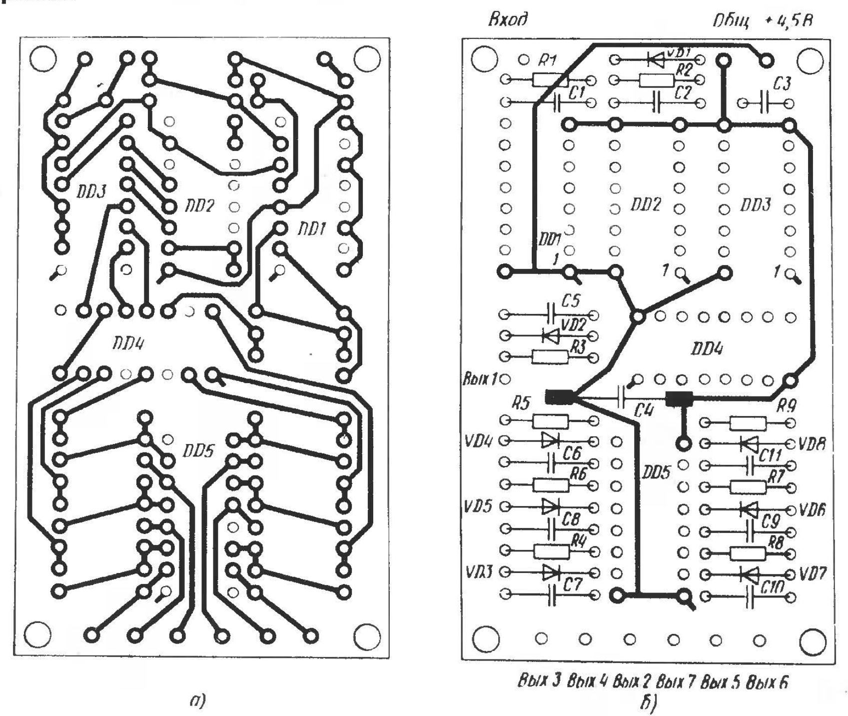


Рис.208. Печатная плата дешифратора:
а — сторона, противоположная стороне установки микросхем; *б* — сторона установки микросхем

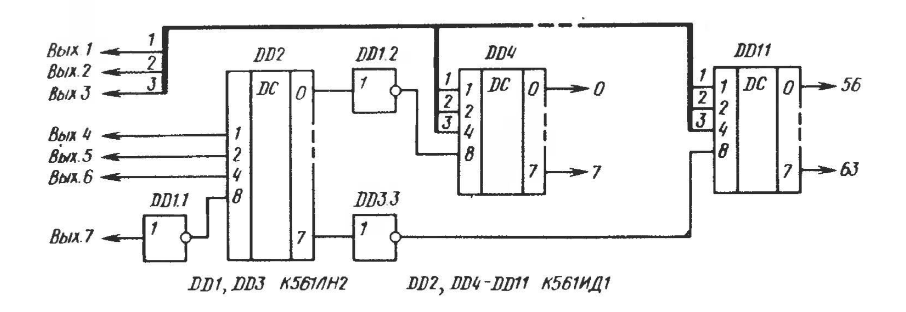


Рис.209. Схема устройства для дешифрации 64 команд

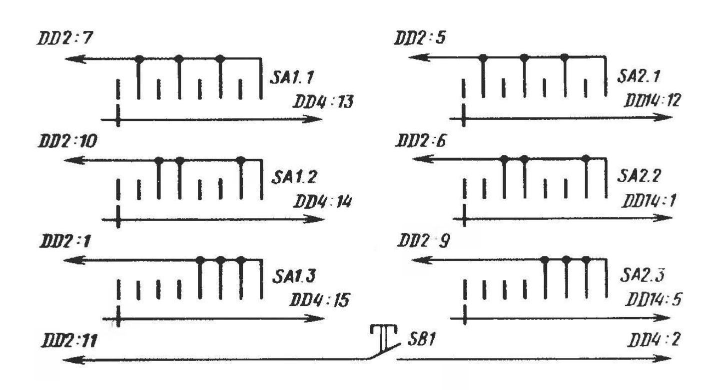


Рис.210. Схема устройства для шифрации 64 команд

Затем нужно собрать дешифратор и соединить между собой выход шифратора и вход дешифратора и проверить их работу, как это описано выше. Формируя в шифраторе пачки из одного—семи импульсов, следует убедиться, что при этом на соответствующем выходе микросхемы DD4 дешифратора и на его выходах появляются потенциальные сигналы с уровнем лог.1. Затем нужно установить микросхемы DD3 и DD4 в шифратор и, включая поочередно и одновременно в различных сочетаниях переключатели SA1—SA7, убедиться в появлении на соответствующих выходах микросхемы DD4 дешифратора положительных импульсов, а на выходах самого дешифратора — уровней лог.1. Для надежности последнюю проверку целесообразно повторить, увеличив и уменьшив емкость конденсатора C1 шифратора на 20 %, для чего параллельно с ним установить конденсатор 240 пФ, затем последовательно 6800 пФ.

Если дешифратор дополнить устройством по схеме рис.209, возможна поочередная подача 64 команд. Номер необходимой команды в двоичном коде следует набрать переключателями SA1—SA6 шифратора, в результате чего на выходах 1—6 дешифратора появится соответствующий двоичный код. Затем следует включить SA7, в ре-

зультате сигнал с выхода 7 дешифратора, проинвертировавшись в инверторе DD1.1, разрешит работу микросхемы DD2 и одной из микросхем DD4—DD11, в результате на одном из выходов 0-63 появится лог.1. Номер выхода будет соответствовать коду, набранному переключателями SA1—SA6, время появления лог.1 — время включения SA7.

Для удобства подачи команды вместо переключателей SA1—SA6 можно использовать два трехплатных галетных переключателя и кнопку (рис.210). Переключателями SA2 и SA1 (рис.210) в восьмеричном коде устанавливается номер команды, кнопкой SB1 осуществляется ее подача. Если кнопку SB1 использовать с нормально замкнутыми контактами, инвертор DD1.1 на рис.209 не нужен.

Использованный принцип передачи команд позволяет получить различные сочетания одновременно и поочередно передаваемых команд. Например, если на рис.209 оставить только DD1.1 и DD2, можно три команды подавать независимо друг от друга (выходы 1 — 3, переключатели SA1, SA2, SA3 шифратора), восемь команд — поочередно (выходы 0—7 DD2 рис.209, переключатель SA2 рис.210, кнопка SB1 рис.210).

4.3. КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПЛАНЕТОХОД

В предлагаемой конструкции, собранной на основе игрушки "Планетоход-7" изготовления одного из предприятий г. Харькова, реализована возможность автоматического объезда препятствий. Электронная часть устройства выполнена на четырех микросхемах серии К561 и шестнадцати транзисторах, непосредственно управляющих двумя электродвигателями игрушки без электромагнитных реле.

Столкнувшись с препятствием, планетоход отъезжает назад, затем, двигаясь вперед, поворачивает в сторону, противоположную препятствию, далее поворачивает в сторону препятствия, после чего продолжает движение вперед в исходном направлении.

Для определения направления необходимого маневра в передней части планетохода установлен бампер. За бампером находятся два микропереключателя, которые включаются при столкновении с препятствием. Их включение приводит к запуску электронной части планетохода, которая, управляя двигателями, обеспечивает необходимый порядок их работы.

Принципиальная схема электронной части приведена на рис.211 и 212. Микропереключатели S1 и S2, установленные за бампером, управляют триггером DD1.1 и запускают цепи из трех реле времени — ждущих мультивибраторов, собранных на основе D-триггеров DD1.2, DD2.1, DD2.2. Выходные сигналы триггера DD1.1 и ждущих мультивибраторов через логические элементы микросхем DD3 и DD4 и усилители на транзисторах VT1—VT16 управляют двигателями игрушки.

Рассмотрим более подробно работу электронной части планетохода.

При включении напряжения питания выключателем S3 подается напряжение питания на микросхемы и через конденсатор C1 и резистор R3 — на вход R триггера DD1.1, в результате чего этот триггер

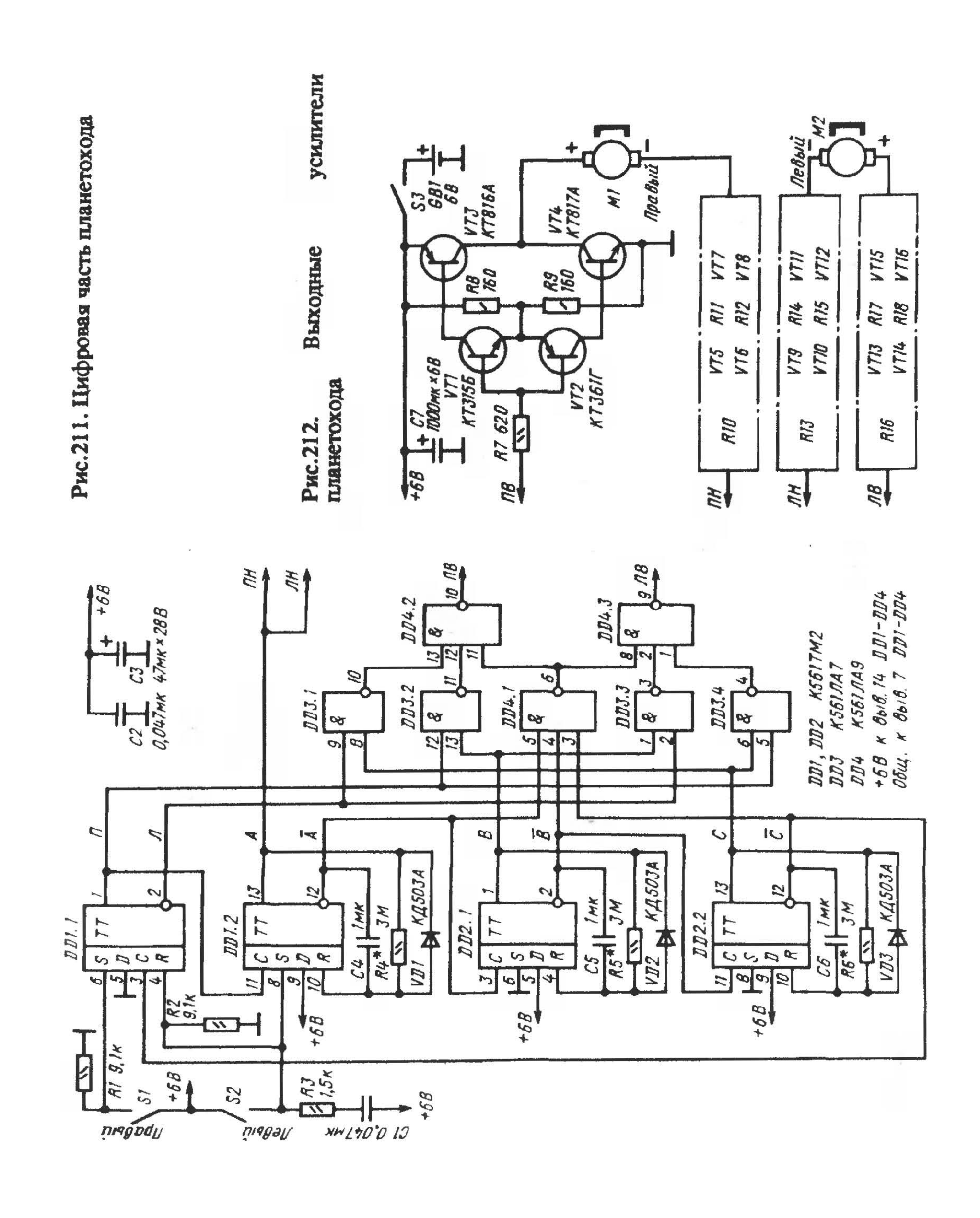


Рис.211. Цифровая часть планетохода

Рис.212. Выходные усилители планетохода

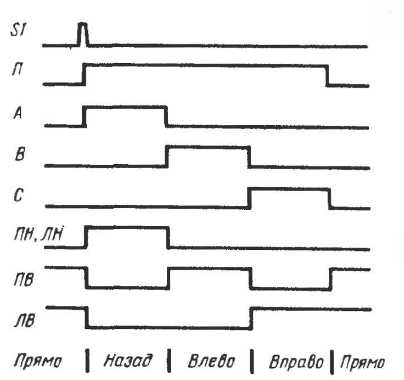


Рис.213. Временна́я диаграмма работы планетохода

устанавливается в нулевое состояние. Триггеры DD1.2, DD2.1 и DD2.2 также устанавливаются в нулевое состояние за счет соответствующего подключения конденсаторов С4—С6. Сигналы П (правый), А, В, С принимают значения лог.0, сигнал Л (левый) — лог.1. На все входы элемента DD4.1 приходят лог.1, этот элемент включается, на его выходе появляется лог.0, элементы DD4.2 и DD4.3 в результате выключаются и на их выходах появляются лог.1. Выходы указанных элементов обозначены как ПВ (правый вперед) и ЛВ (левый вперед). Выход А ждущего мультивибратора DD1.2 обозначен как ПН (правый назад) и ЛН (левый назад). В исходном состоянии на выходах ПВ и ЛВ лог.1, на выходах ПН и ЛН лог.0.

Логическая 1 на выходе ПВ включает транзистор VT1 (рис.212), этот транзистор своим коллекторным током включает транзистор VT3, на вывод "+" двигателя М1 подается напряжение +6 В. Лог.0 на выходе ПН включает транзисторы второго усилителя, и вывод "–" двигателя подключается к общему проводу. Двигатель начинает вращаться вперед. Аналогично включается двигатель М2, планетоход движется прямо вперед.

Предположим, что при столкновении с препятствием сработает микропереключатель S1 (препятствие справа). Триггер DD1.1 переключится в единичное состояние, на выходе П появится лог.1, на выходе Л — лог.0. Изменение сигнала П с лог.0 на лог.1 установит триггер DD1.2 в единичное состояние, так как на входе D этого триггера лог.1. Сигнал А (а следовательно, ПН и ЛН) примет значение лог.1. Поскольку на вывод 5 элемента DD4.1 придет лог.0, этот элемент выключится, элементы DD4.2 и DD4.3 включатся, на выходах ПВ и ЛВ появится лог.0. Сочетание ПН, ЛН — лог.1, ПВ и ЛВ — лог.0 приведет к вращению обоих двигателей назад (см. рис.213).

Однако такое состояние триггера DD1.2 неустойчиво. Логическая 1 с выхода А через резистор R4 заряжает конденсатор С4, напряжение на входе R триггера медленно повышается. Через 2 с оно достигает порога переключения триггера, он лавинообразно (за счет подключения правой обкладки конденсатора С4 к инверсному выходу триггера) переключится в исходное состояние, при котором на выходе А лог.0.

При переключении триггера DD1.2 в исходное состояние изменение сигнала на его инверсном выходе с лог.0 на лог.1 запустит ждущий мультивибратор на триггере DD2.1. Через 2 с этот ждущий мультивибратор возвратится в исходное состояние и запустит ждущий мультивибратор на триггере DD2.2. Еще через 2 с этот ждущий мультивибратор возвратится в исходное состояние, и изменение сигнала на его инверсном выходе установит в исходное состояние триггер DD1.1, так как на его входе D лог.0.

Последовательное включение ждущих мультивибраторов приводит к следующим результатам. Включение ждущего мультивибратора DD1.2, как уже указывалось, обеспечит движение модели назад. При включении ждущего мультивибратора DD2.1 на выходе появляется лог.1, на оба входа элемента DD3.2 приходят лог.1, этот элемент включается и выключает элемент DD4.2. На выходе ПВ появляется лог.1, на выходе ПН — лог.0, поэтому двигатель М1 вращается вперед. На выходах ЛВ и ЛН лог.0, поэтому двигатель М2 не вращается, и планетоход, двигаясь вперед, поворачивает влево.

При включении ждущего мультивибратора DD2.2 включается элемент DD3.4, выключается элемент DD4.3, на выходе ЛВ появляется лог.1. Поскольку при этом на выходах ПН, ЛН, ПВ лог.0, двигатель М2 вращается вперед, двигатель М1 не вращается, планетоход движется вперед и поворачивает вправо.

После выключения ждущего мультивибратора DD2.2 все элементы устанавливаются в исходное состояние, и планетоход продолжает движение вперед.

Если препятствие оказывается слева, срабатывает микропереключатель S2, и ждущий мультивибратор DD1.2 запускается по входу S. Триггер DD1.1 остается в исходном состоянии, поэтому на его выходе П лог.0, Л — лог.1. Порядок работы двигателей меняется: вначале оба двигателя вращаются назад, затем включается элемент DD3.3 и происходит движение вперед с поворотом вправо. Далее включается элемент DD3.1, планетоход движется вперед с поворотом влево, затем прямо вперед.

Если препятствие вызывает включение обоих микропереключателей S1 и S2, модель также откатывается назад, и направление маневра определяется тем, какой из микропереключателей выключится последним.

Все детали электронной части планетохода, за исключением микропереключателей S1 и S2, размещены на двух печатных платах. Первая из них двухсторонняя, габаритными размерами 105х37,5 мм. На ней размещены детали по схеме рис.211. На рис.214,*а* показана плата со стороны, противоположной стороне установки радиоэлементов, на рис.214,*б* — со стороны установки и сама расстановка. На второй плате с габаритными размерами 105х27,5 мм (она односторонняя) установлены транзисторы и резисторы схемы рис.212. Плата показана на рис.215 со стороны, противоположной стороне установки элементов. Конденсатор С7 также впаян в эту плату, но расположен за ее габаритами между электродвигателями игрушки.

В планетоходе использованы детали следующих типов: резисторы МЛТ-0,125 и 0,25, в качестве R4—R6 удобно также использовать КИМ-0,05, конденсаторы С1, С2 — КМ-5а, С3 — К53-4, С4—С6 — КМ-6, С7 — ЭТО-2. В качестве конденсаторов С4—С6 можно использовать и другие неполярные конденсаторы, например МБМ. Микросхемы серии К561 можно заменить на аналогичные серии КР1561, а при переработке печатной платы — и на микросхемы серии 564. Транзисторы КТ816 и КТ817 можно использовать с любым

буквенным индексом, возможна также установка транзисторов КТ814 и КТ818 вместо КТ816, КТ815 и КТ819 вместо КТ817. Транзисторы КТ315 и КТ361 можно заменить практически на любые маломощные кремниевые или германиевые транзисторы соответствующей структуры.

Вместо двух усилителей сигналов ПН и ЛН можно использовать один, если в его выходном каскаде установить транзисторы с коэффициентом передачи тока базы не менее 60. Это, однако, уменьшит возможности модернизации модели, например ее нельзя будет заставить развернуться на месте.

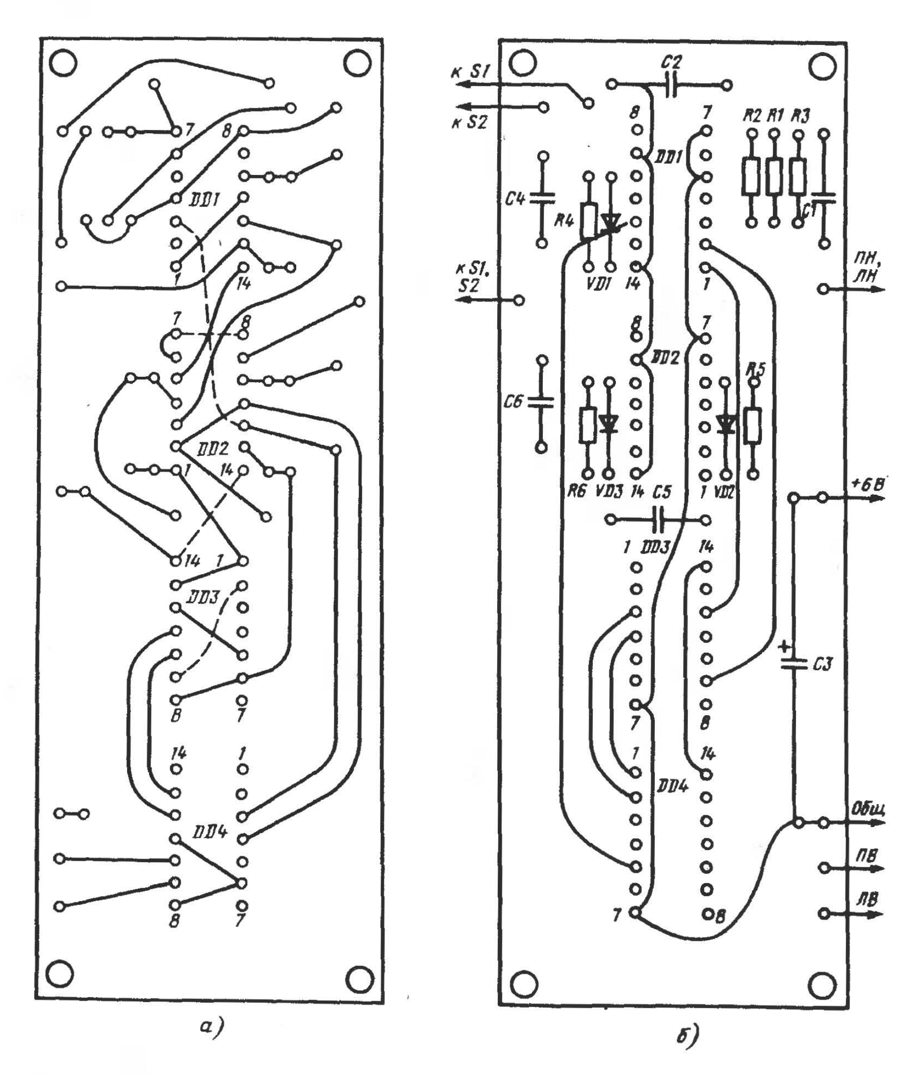


Рис.214. Печатная плата цифровой части:
а — со стороны, противоположной стороне установки микросхем; *б* — со стороны установки микросхем

Число используемых транзисторов можно уменьшить до восьми или даже шести, если в конструкции применить электромагнитные реле. Схема одного усилителя мощности с реле приведена на рис.216. В нем можно применить любые маломощные германиевые p-n-p транзисторы — МП14-МП16, МП40-МП42, МП20, МП21. Реле К1 должны срабатывать при напряжении не более 4 В, это могут быть реле типа РЭС-9 (паспорта РС4.524.203, 214, 216, 219), РЭС-10, (паспорта РС4.524.304, 315), РЭС-34 (паспорта РС4.524.374, 377), РЭС-47 (паспорт РФ4.500.421), РЭС-48 (паспорта РС4.590.204, 216), РЭС-59 (паспорт ХП4.500.021), РЭС-60 (паспорта РС4.569.439, РС4.569.440) и др.

Печатные платы крепят винтами М2 к бобышкам из органического стекла, подклеенным к корпусу планетохода. Первая печатная плата установлена в передней части планетохода, вторая — в задней. Между ними оставлено место для установки приемника системы радиоуправления.

Микропереключатели S1 и S2 типа МП7 подклеены снизу к плоской фаре планетохода, для них в корпусе сделаны вырезы. Бампер, изготовленный из органического стекла толщиной 3 мм, закреплен снизу фары винтом М2,5 с шайбой. Винт ввернут в бобышку из органического стекла, которая вклеена во внутреннюю полость фары. Для того чтобы бампер мог не только поворачиваться, но и сдвигаться при наезде на препятствие средней частью, крепежное отверстие сделано вытянутой формы (рис.217).

Для включения игрушки использован движковый переключатель типа ПД1, установленный в прямоугольном отверстии, через которое выводился кабель дистанционного управления планетоходом.

При сборке модели к выходам усилителей сигналов ПВ и ЛВ следует подключить те выводы двигателей (они помечены знаком "+"), при пода-

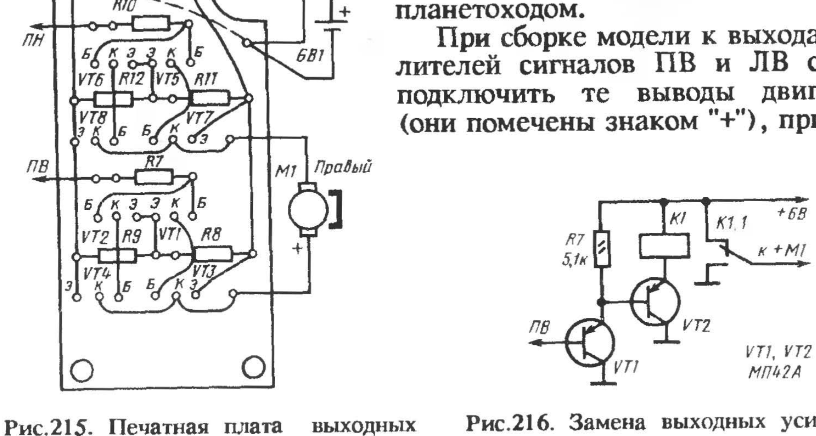


Рис.215. Печатная плата выходных усилителей

Рис.216. Замена выходных усилителей на электромагнитные реле

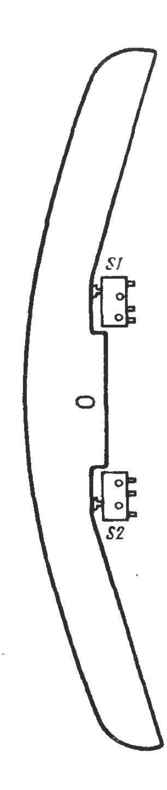


Рис.217. Бампер планетохода

че на которые плюса напряжения питания вращение двигателей вызывает движение вперед.

Налаживание правильно собранного из исправных деталей планетохода несложно и заключается в подборе резисторов R4—R6 для обеспечения правильного маневра. При свежих батареях поворот модели во время включения второго мультивибратора должен быть несколько более 90 град (подбор резистора R5), что обеспечит правильное маневрирование и при частичном разряде батарей. На такой же угол модель должна поворачивать и при срабатывании третьего мультивибратора (подбор резистора R6), что обеспечит сохранение направления движения после объезда препятствия. Если угол поворота модели при срабатывании третьего мультивибратора сделать меньше, чем второго, планетоход будет поворачивать в сторону от обнаруженного препятствия. В этом случае, например, несколько раз натолкнувшись на стену, он начнет двигаться вдоль нее.

Если электронная часть не заработает сразу, настройку плат следует произвести отдельно. Подключение входа ПВ второй платы к выходу +6 В, а ПН к общему проводу должно приводить к вращению правого двигателя вперед, подключение ПВ к общему проводу, ПН к +6 В — назад. Аналогично следует проверить действие входов ЛВ и ЛН.

При проверке первой платы следует при помощи вольтметра убедиться в правильном переключении триггера DD1.1 и поочередном включении мультивибраторов при кратковременном нажатии на штоки микропереключателей S1 и S2 и формировании выходных сигналов платы в соответствии с рис.213.

Описанную кибернетическую игрушку можно дополнить системой радиоуправления. Отличием описанной далее системы является ее повышенная помехоустойчивость. Идея повышения помехоустойчивости заключается в многократной передаче команд. Дешифратор выдает сигнал о приеме соответствующей команды лишь в том случае, когда в трех подряд принятых командах по крайней мере в двух содержится одна и та же информация.

Для передачи команд используется число-импульсный код. Шифратор передатчика построен на двух микросхемах серии К561 (рис.218, DD1, DD2) и работает так же, как и шифратор по схеме рис.197. Генератор передатчика собран по простейшей схеме с кварцевой стабилизацией частоты на транзисторе VT2. Колебательный контур L1 C3 настроен на частоту кварцевого резонатора, равную 27,12 МГц.

В передатчике не предусмотрено специальных мер для согласования колебательного контура передатчика с антенной, поэтому излучаемая мощность передатчика невелика, и радиус действия системы радиоуправления составляет 5...10 м. Для повышения дальности можно повысить напряжение питания передатчика до 9 В и применить согласующий CLC-контур и удлиняющую катушку.

Схема приемника системы радиоуправления приведена на рис.219. Входной каскад приемника собран по схеме сверхрегенеративного детектора на транзисторе VT1. Сверхрегенератор обладает замечательными свойствами — высокой чувствительностью, малой

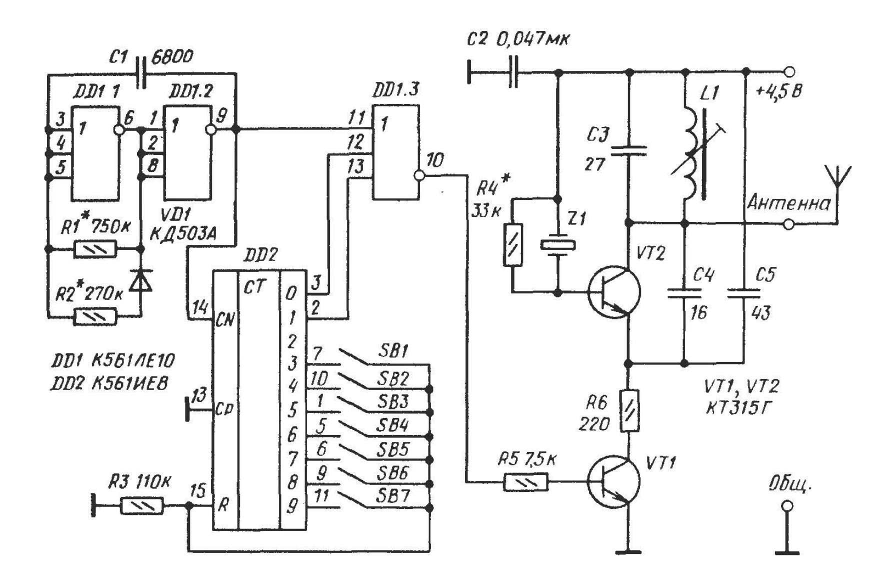


Рис.218. Принципиальная схема передатчика

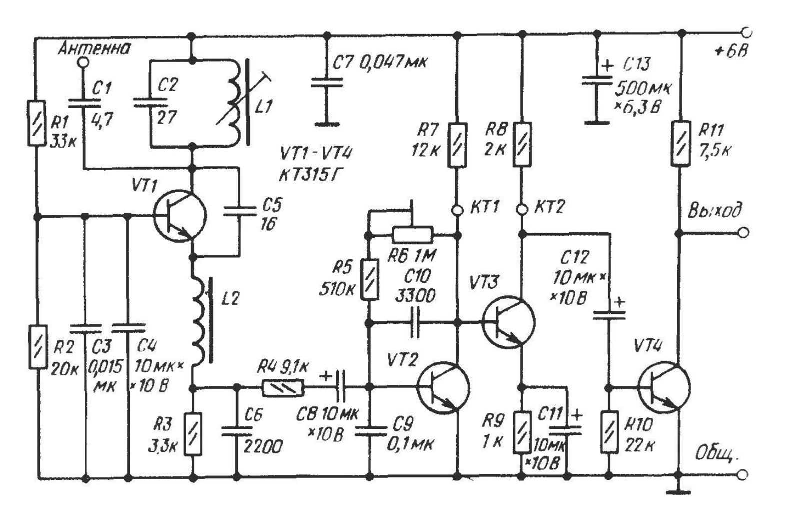


Рис.219. Принципиальная схема приемника

зависимостью уровня выходного сигнала от уровня входного, простотой, однако ему свойственны и недостатки — малая избирательность, излучение сигнала, в результате которого он работает как маломощный передатчик и может мешать другим приемникам.

Работа сверхрегенеративного детектора описана во многих книгах по радиоуправлению и здесь не рассматривается.

На нагрузочном резисторе R3 входного каскада выделяются кроме полезного сигнала пилообразные импульсы гашения с частотой 40...60 кГц, для их фильтрации используется цепь R4 C9, для этой же цели служит конденсатор C10. Эти же элементы подавляют кратковременные импульсные помехи (например, от электродвигателей модели) и частично шумы сверхрегенеративного детектора.

Примерная форма полезного сигнала на коллекторе транзистора VT2, работающего в режиме линейного усиления, показана на первой диаграмме рис.220. Этот сигнал еще далек от пачек импульсов, необходимых для работы дешифратора. Для получения хорошей прямоугольной формы импульсов служит усилитель-формирователь на транзисторе VT3. При отсутствии полезного сигнала, когда на коллекторе транзистора VT2 существует шумовой сигнал сверхрегенератора небольшой амплитуды, транзистор VT3 находится в состоянии неглубокого насыщения, напряжение между его коллектором и эмиттером составляет 250...300 мВ и он не усиливает входной сигнал. Такая рабочая точка транзистора VT3 устанавливается подстроечным резистором R6.

При появлении пачек радиочастотных импульсов сверхрегенеративный детектор подает на базу транзистора VT2 пачки импульсов

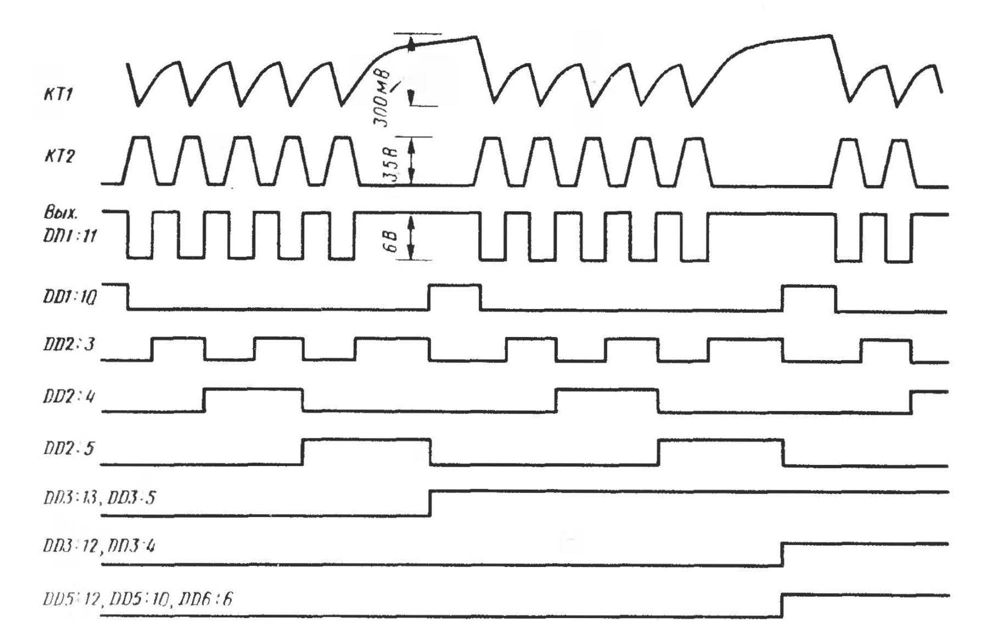


Рис.220. Временная диаграмма работы приемника и дешифратора команд

положительной полярности, на коллекторе VT2 и базе VT3 появляются сигналы в соответствии с первой диаграммой рис.220. Отрицательная полуволна сигнала закрывает транзистор VT3, и на его коллекторе формируются импульсы положительной полярности, открывающие ключевой каскад на транзисторе VT4. На его коллекторе формируются пачки импульсов отрицательной полярности с амплитудой, равной напряжению источника питания, они подаются на вход дешифратора команд.

Схема дешифратора команд приведена на рис.221. Пачки входных импульсов отрицательной полярности поступают на часть дешифратора на микросхемах DD1 и DD2, работающую так же, как и часть схемы рис.199. После приема очередной пачки импульсов счетчик DD2 устанавливается в состояние, соответствующее числу импульсов в пачке. В качестве примера на рис.220 проиллюстрирована работа счетчика в случае приема пачек из пяти импульсов. К моменту окончания пачки на выходах 1 и 4 счетчика появляются лог.1, на выходе 2 — лог.0 (диаграммы DD2:3, DD2:4, DD2:5 на рис.220). Фронтом импульса с детектора паузы DD1.2 происходит переписъ состояния счетчика в сдвигающие регистры DD3.1, DD4, DD3.2, в результате чего на их выходах 1 появляются соответственно лог.1, лог.0, лог.1.

После окончания второй пачки из пяти импульсов импульс с выхода детектора паузы DD1.2 сдвигает ранее записанную информацию из разрядов 1 сдвигающих регистров в разряды 2, а в разряды 1 записывает результат подсчета числа импульсов очередной пачки и т. д. В результате при непрерывном приеме пачек из пяти импульсов на всех выходах сдвигающих регистров DD3.1 и DD3.2 будут лог.1, на всех выходах DD4 — лог.0. Эти сигналы поступают на входы мажоритарных клапанов микросхемы DD5, на их выходах появляются сигналы, соответствующие входным, они приходят на входы дешифратора DD6. На выходе 5 дешифратора появляется лог.1, которая и является признаком приема команды с числом импульсов, равным пяти.

Так происходит прием сигналов при отсутствии помех. Если же силен уровень помех, число импульсов в пачке может отличаться от необходимого. В этом случае сигналы на выходах каждого из сдвигающих регистров будут отличаться от правильных. Предположим, что при приеме одной из пачек вместо пяти счетчик насчитает шесть импульсов. После приема двух пачек из пяти импульсов и одной из шести состояния выходов регистров DD3.1, DD4 и DD3.2 будут соответственно следующими: 011, 100, 111.

На входы элемента DD5.1 поступят две лог.1 и один лог.0. Поскольку выходной сигнал мажоритарного клапана соответствует большинству сигналов на его входах, он выдаст на вход 1 дешифратора DD6 лог.1. Аналогично элемент DD5.2 выдаст лог.0, элемент DD5.3 — лог.1. На выходе 5 дешифратора будет лог.1, так же как и в случае приема сигналов без помех.

Таким образом, если в последовательности пачек импульсов, поступающих на вход дешифратора команд, в любых трех подряд идущих пачках две имеют правильное число импульсов, на нужном выходе микросхемы DD6 будет постоянно поддерживаться лог.1.

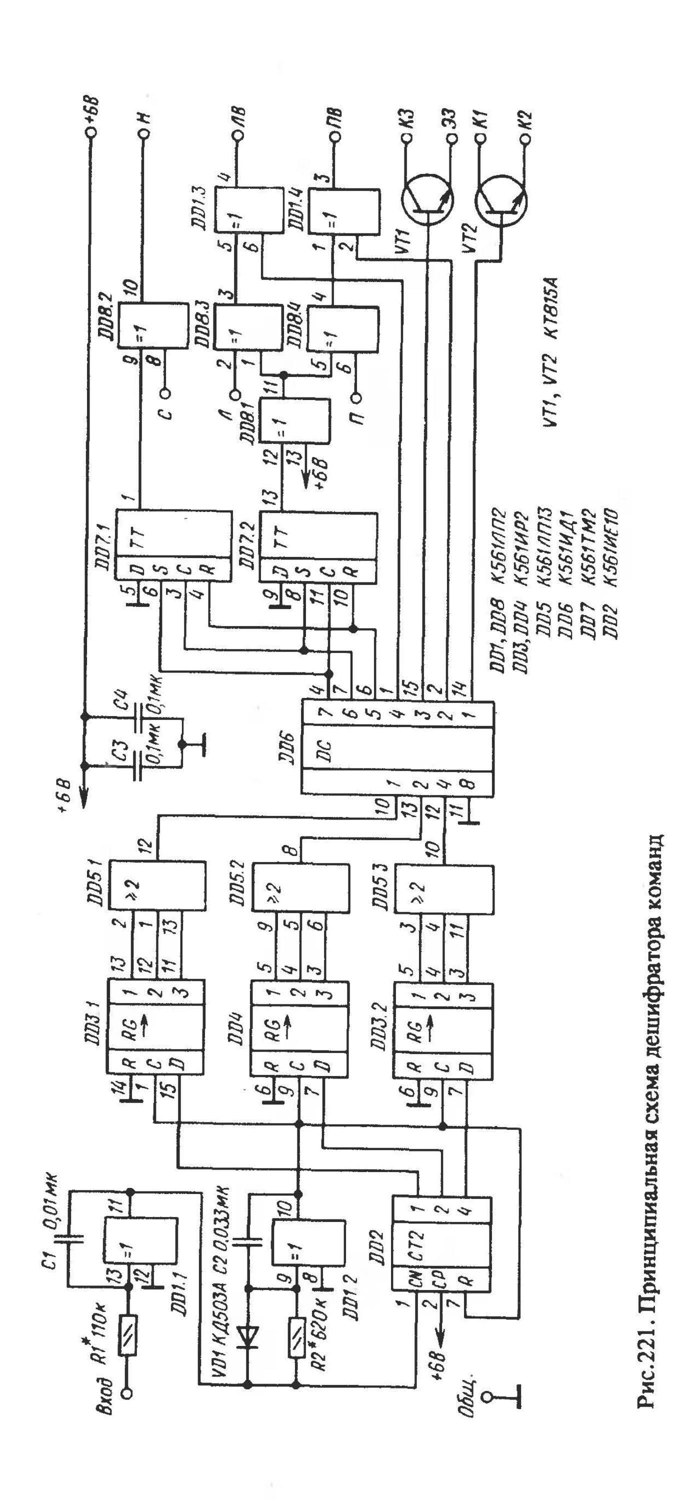
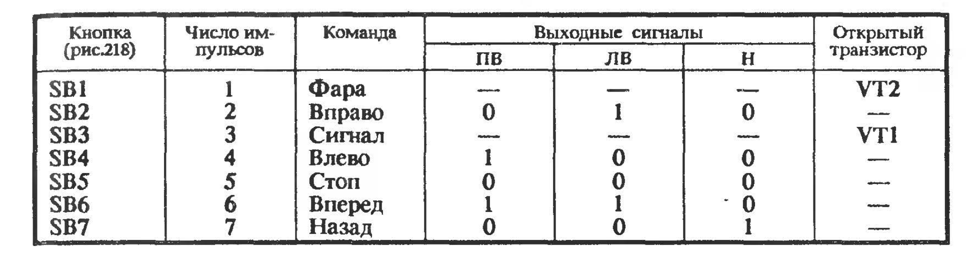


Рис.221. Принципиальная схема дешифратора команд

Таблица 5



Кнопка (рис.218)	Число импульсов	Команда	Выходные сигналы			Открытый транзистор
			ПВ	ЛВ	Н	
SB1	1	Фара	—	—	—	VT2
SB2	2	Вправо	0	1	0	—
SB3	3	Сигнал	—	—	—	VT1
SB4	4	Влево	1	0	0	—
SB5	5	Стоп	0	0	0	—
SB6	6	Вперед	1	1	0	—
SB7	7	Назад	0	0	1	—

Если не нажата ни одна из кнопок передатчика, на выходах 1, 2, 4 счетчика после окончания пачки из восьми импульсов лог.0 и на всех используемых выходах дешифратора DD6 также лог.0.

Правая часть схемы рис.221 соответствует применению описываемой системы радиоуправления в планетоходе. В табл.5 приведены соответствие команд числу импульсов пачек и выходные сигналы дешифратора системы. Пачка из пяти импульсов — это команда "Стоп", при ее приеме, как уже указывалось выше, лог.1 появляется на выходе 5 DD6. Эта лог.1 поступает на входы R триггеров DD7.1 и DD7.2 и устанавливает их в 0. Мы пока не будем рассматривать роль микросхемы DD8 и будем считать, что сигнал при прохождении ее элементов не меняется. В результате приема команды "Стоп" на выходах ПВ, ЛВ и Н (назад) будут лог.0, двигатели, подключенные к указанным выходам через усилители, будут остановлены.

При подаче команды "Вперед" лог.1 появится на выходе 6 DD6, она установит триггер DD7.2 по входу S в состояние 1, триггер DD7.1 независимо от своего исходного состояния установится в состояние 0 по входу C, так как на его входе D лог.0. В результате на выходах ПВ и ЛВ появятся лог.1, на выходе Н — лог.0, оба двигателя планетохода будут вращаться, обеспечивая движение модели вперед. При подаче команды "Назад" триггер DD7.1 будет в состоянии 1, DD7.2 — в состоянии 0, двигатели обеспечат движение модели назад.

Указанные команды хранятся в триггерах микросхемы DD7 и после отпускания кнопок SB5—SB7. Предположим, что при движении модели вперед будет нажата кнопка SB2 "Вправо". В этом случае лог.1 появится на выходе 2 DD6, она поступит на вывод 2 элемента DD1.4 и изменит лог.1 на его выходе на лог.0. В результате сигнал ПВ станет равным нулю, и правый двигатель остановится. Модель будет разворачиваться вправо за счет левой гусеницы (вторая строка табл.5). При движении назад нажатие кнопки SB2 также заставит измениться сигнал на выходе элемента DD1.4 на противоположный, но теперь уже с лог.0 на лог.1, правый двигатель также затормозится и модель также будет разворачиваться вправо. Аналогично ведет себя модель и при нажатии кнопки SB4 "Влево".

Команды "Вправо" и "Влево" не запоминаются, они действуют лишь во время нажатия соответствующей кнопки. Аналогично не запоминаются и команды "Фары" и "Сигнал" (SB1 и SB3). При нажатии на эти кнопки включаются соответственно транзисторы VT2 и

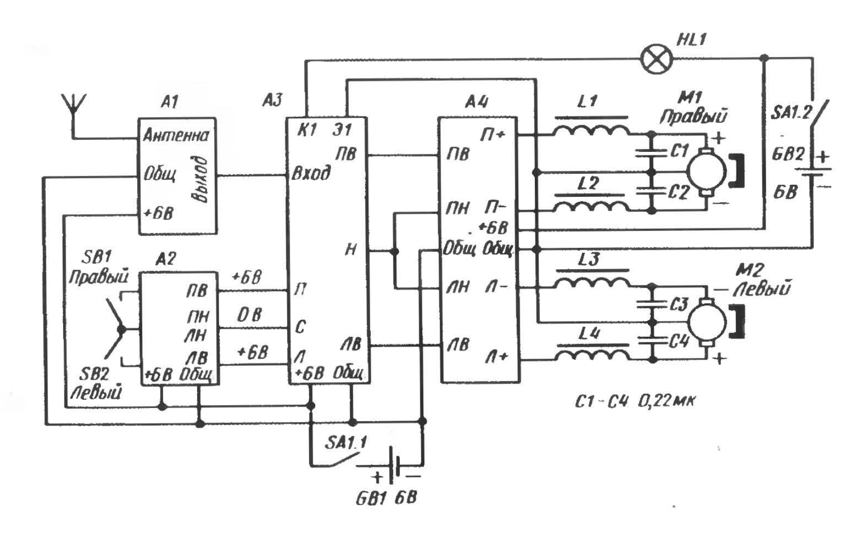


Рис.222. Соединение узлов модели

VT1. Их базы подключены к выходам дешифратора DD6 без ограничительных резисторов, что допустимо при напряжении питания микросхем серии К561 в пределах 3...6 В.

Микросхема DD8 служит для сопряжения дешифратора системы радиоуправления с платой планетохода, обеспечивающей маневр при объезде препятствий. Использование микросхемы Исключающее ИЛИ обеспечивает управляемость модели и в те моменты времени, когда она выполняет автоматический маневр. Полная схема соединения узлов планетохода приведена на рис.222. Здесь А1 — приемник по схеме рис.219, А2 — плата с микросхемами DD1—DD4 рис.211, А3 — дешифратор системы по схеме рис.221, А4 — усилители двигателей по схеме рис.212. На схеме рис.222 показано также подключение лампы фары HL1. Автором не была использована команда "Сигнал", источник звукового сигнала может быть включен в коллекторную цепь транзистора VT1 аналогично включению HL1 в цепь коллектора VT2.

Питание электродвигателей и узлов А1—А3 разделено для исключения влияния помех от двигателей на электронную часть планетохода. Общие провода обеих цепей питания объединяются лишь в узле А4, на это надо обратить внимание при монтаже. Для исключения влияния помех от двигателей в их цепи питания включены дроссели L1—L4 и конденсаторы С1—С4, металлические корпуса двигателей соединены с общим проводом.

При отсутствии узла А2 на входы П, Л, С узла А3 можно подать напряжения в соответствии с указаниями на рис.222, можно также исключить микросхему DD8 на рис.221, соединив непосредственно выход триггера DD7.1 с выходом Н6, а выход триггера DD7.2 со входами DD1.3 и DD1.4.

Все узлы системы радиоуправления собраны на печатных платах: передатчик — на односторонней с размерами 60x40 мм (рис.223), приемник — на односторонней с размерами 105x40 мм (рис.224), дешифратор — на двухсторонней с теми же размерами (рис.225). На указанных рисунках односторонние платы показаны со стороны, противоположной стороне установки деталей, плата дешифратора — с двух сторон.

В системе радиоуправления использованы резисторы МЛТ, керамические конденсаторы КТМ (С1 на рис.219), КМ-5 и КМ-6, электролитические конденсаторы К50-6 (С4, С8, С11, С12 на рис.219), К50-16 (С13 на рис.219). Подстроечный резистор R6 на рис.219 типа СП3-1б, его выводы отогнуты под прямым углом. В системе использованы стандартные дроссели ДМ-0,2 30 мкГн (L2 на рис.219) и

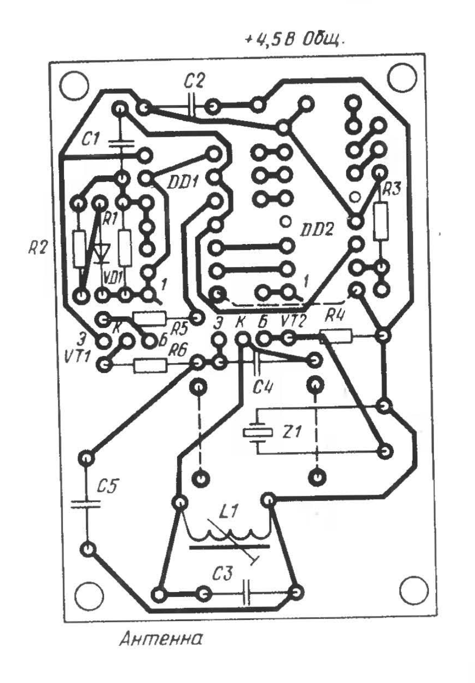


Рис.223. Печатная плата передатчика

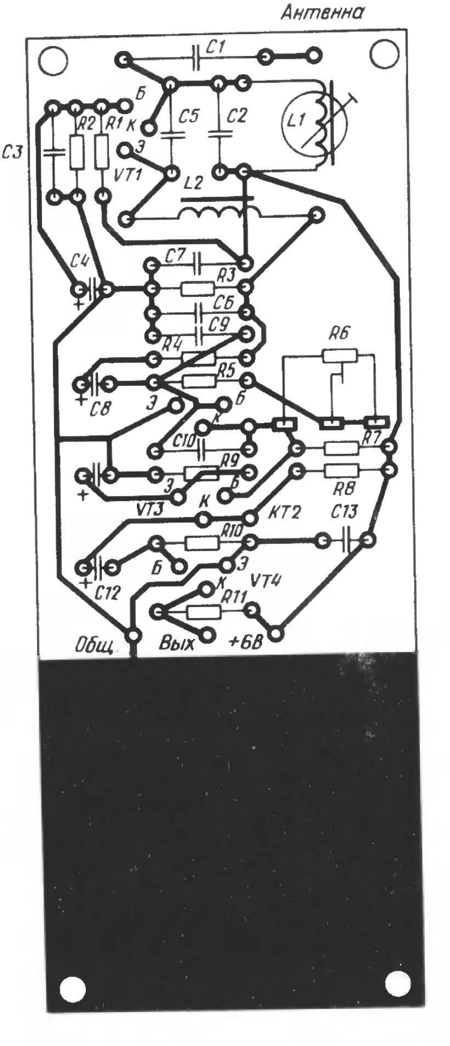
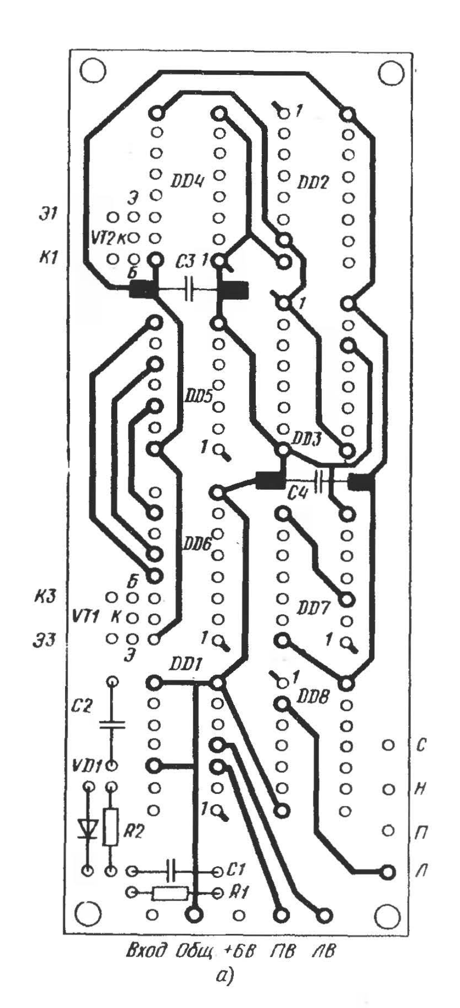


Рис.224. Печатная плата приемника

ДМ-3 12 мкГн (L1—L4 на рис.222), можно использовать и самодельные с близкими параметрами. Кварцевый резонатор в передатчике — в стеклянном корпусе диаметром 10 мм на частоту 27,12 или 28...28,2 МГц. При отсутствии кварцевого резонатора передатчик можно собрать по любой из опубликованных схем, сохранив схему формирователя пачек и модулятора по рис.218. Катушка L1 колебательного контура передатчика намотана на каркасе диаметром 5 мм и подстраивается сердечником из карбонильного железа диаметром 4 мм и длиной 6 мм. Она содержит 12 витков провода ПЭЛШО-0,38. Катушка L1 приемника намотана на каркасе диаметром 8 мм тем же проводом и содержит 9 витков, она подстраивается сердечником из карбонильного железа диаметром 6 мм. В передатчике можно использовать такую же катушку, как и в приемнике.



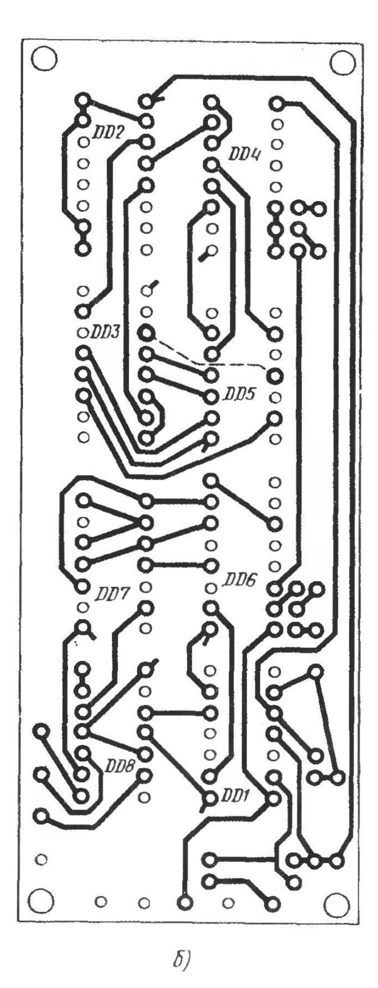


Рис.225. Печатная плата дешифратора:
а — со сторон установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

Батарея питания передатчика — 3336, на модели для питания двигателей использованы четыре элемента А343, электронная часть работает от четырех элементов А316. Антенной приемника служит велосипедная спица длиной 300 мм, антенна передатчика — телескопическая, состоит из четырех колен общей длиной 480 мм. Передатчик собран в пластмассовом корпусе с размерами 75x150x30 мм, в нем установлен специальный пульт управления, описанный далее.

Сборку системы радиоуправления и ее настройку нужно проводить в следующей последовательности. На плате передатчика необходимо собрать цифровую часть, установить все резисторы, кроме R5, и транзисторы, но не устанавливать кварцевый резонатор, катушку L1 и конденсаторы С3—С5. Подбором резисторов R1 и R2 установить частоту импульсов на выходе DD1.2 180...220 Гц со скважностью, близкой к 2, затем проверить правильность генерации пачек так, как это описано выше.

Затем можно собрать дешифратор команд и, установив в передатчик резистор R5, соединить коллектор транзистора VT1 передатчика со входом дешифратора. Напряжение питания обеих плат можно использовать общее 4,5 В. Нагрузкой транзистора VT1 передатчика будут последовательно соединенные резисторы R4, R6 и переход база—эмиттер транзистора VT2. Дешифратор следует проверить, как это описано выше.

Дальнейшую проверку можно производить, предварительно соединив входы Л и П с плюсом источника питания, вход С — с общим проводом. В этом случае сигналы на выходах Н, ЛВ, ПВ при нажатии кнопок передатчика должны соответствовать указанным в табл.5. После этого можно соединить узлы А3 и А4 и двигатели модели по схеме рис.222. Дроссели L1—L4 и конденсаторы С1—С4 следует подпаять непосредственно к выводам двигателей.

Далее следует проверить четкость управления моделью по паре проводов, соединяющих платы передатчика и дешифратора. Если все работает нормально, следует полностью собрать передатчик и приемник. После сборки приемника нужно предварительно подстроить резистор R6. Для этого следует "сорвать" сверхрегенеративный режим транзистора VT1, замкнув накоротко колебательный контур L1 С2, подключить между коллектором и эмиттером VT3 вольтметр, установить движок R6 в положение минимального сопротивления и, плавно увеличивая его сопротивление, установить по вольтметру напряжение 250...300 мВ, при этом, возможно, придется подобрать резистор R5. Снять перемычку с контура L1 С2.

Включив передатчик и приемник и постепенно увеличивая расстояние между ними, следует подстроить их контура по максимуму амплитуды сигнала, наблюдаемого при помощи осциллографа или вольтметра переменного напряжения в контрольной точке КТ1. Далее следует подстроить резистор R6 для получения правильной формы импульсов в контрольной точке КТ2 в соответствии с рис.220. Собрав целиком модель по схеме рис.222 и убедившись в нормальной работе системы управления на расстояниях 2...3 м, необходимо добиться максимальной дальности действия подстройкой резистора R6.

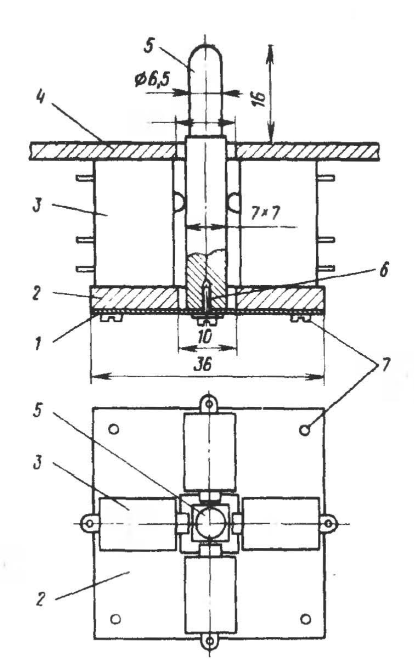


Рис.226. Конструкция пульта управления передатчика

В передатчике и приемнике можно использовать практически любые высокочастотные n-p-n кремниевые транзисторы (КТ316, КТ312, КТ3102, КТ315 с любыми буквенными индексами). Микросхему К561ЛП13 можно заменить на К561ИК1, при их отсутствии в ущерб помехоустойчивости можно исключить сравнение последовательно приходящих команд, заменив микросхемы DD3—DD5 дешифратора команд на одну микросхему К561ИР9 (рис.199).

В передатчике в качестве кнопок SB2, SB4, SB6, SB7 использован специальный пульт, удобный для подачи команд с четким направленным значением. Пульт позволяет подавать одновременно и две не исключающие друг друга команды, например "Вперед" и "Вправо", что, однако, здесь не используется.

В качестве контактной системы пульта использованы четыре микропереключателя. На рис.226 показана его конструкция, размеры указаны применительно к микропереключателям ПМ2-1, существует много типов микропереключателей с такими же размерами.

Микропереключатели 3 приклеены к основанию 2, изготовленному из текстолита толщиной 2...3 мм. Снизу к основанию 2 четырьмя винтами 7 или заклепками прикреплена пластина 1, изготовленная из латуни или жести толщиной 0,2...0,3 мм. В центре к этой пластине винтом М2 6 с шайбой прикреплен рычаг 5 из органического стекла.

При покачивании рычага 5 он давит на штоки микропереключателей 3 и переключает их. Если на рычаг надавить по диагонали, включатся два соседних микропереключателя.

Сборку пульта целесообразно произвести в следующем порядке. Соединить между собой пластины 1 и 2, винтом с шайбой закрепить на пластине 1 рычаг 5. Приклеить эпоксидным клеем микропереключатели 3 к пластине 2 так, чтобы штоки микропереключателей касались рычага 5.

После полимеризации клея приклеить получившийся блок к крышке пульта 4 или для обеспечения ремонтопригодности закрепить его каким-либо другим способом, центрируя при этом блок по квадратному отверстию в крышке пульта.

В качестве SB1 и SB5 использованы кнопки КМ1-1.

5. КМОП-МИКРОСХЕМЫ В АВТОЭЛЕКТРОНИКЕ

Микросхемы структуры КМОП находят широкое применение в любительских устройствах для автомобиля в связи с большим входным сопротивлением, обеспечивающим необходимые постоянные времени в различных времязадающих цепях при малой величине емкости конденсаторов, близким к напряжению аккумуляторной батареи напряжением питания и малым потребляемым током, что особенно важно для различного рода сторожевых устройств, включенных постоянно.

5.1. ПРЕРЫВАТЕЛЬ УКАЗАТЕЛЯ ПОВОРОТОВ

Тепловые прерыватели указателей поворотов, устанавливаемые в автомобилях, обладают малой надежностью и плохой стабильностью. Электронные прерыватели современных автомобилей срабатывают не сразу после включения указателя поворота, а спустя примерно 1 с, впрочем, такой же недостаток присущ и тепловым прерывателям, что не способствует повышению безопасности движения.

Предлагаемый прерыватель собран на одной микросхеме КМОП и трех транзисторах. Лампы указателей поворотов включаются сразу после включения прерывателя. Контрольная лампа позволяет определять целостность нитей ламп указателя поворотов. Частота включения ламп 1,5...2 Гц.

Схема прерывателя приведена на рис.227. Основу устройства составляет генератор импульсов, собранный на микросхеме DD1 по схеме рис.165. Пока переключатель SA1 находится в нейтральном положении, на вывод 1 DD1.4 через резисторы R8 и R5 приходит лог.1, триггер DD1.2, DD1.4 устанавливается в устойчивое состояние, при котором на выходе DD1.4 лог.0, на выходе DD1.2 лог.1. Ус-

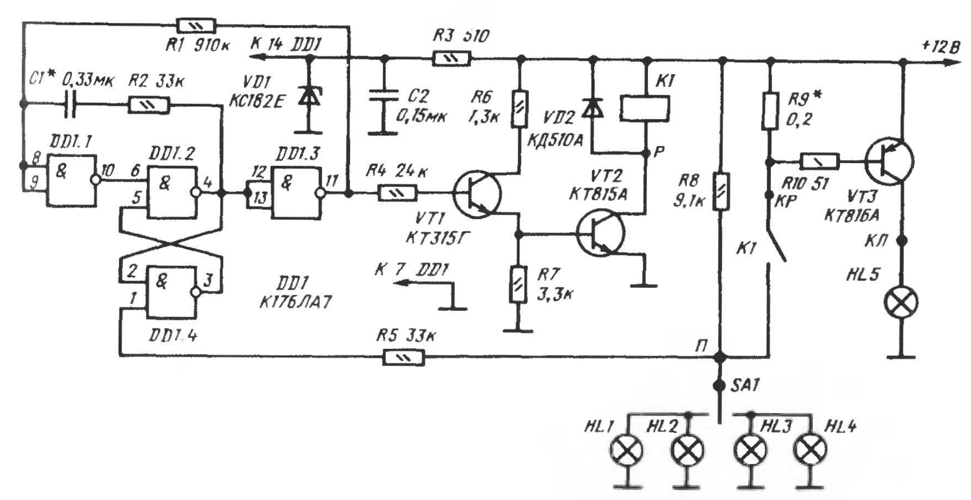


Рис.227. Прерыватель указателя поворотов

тойчивое состояние триггера запрещает генерацию импульсов, на выходе DD1.3 лог.0, транзисторы VT1 и VT2 закрыты, реле K1 выключено. На входах 8, 9 DD1.1 лог.0, конденсатор C1 заряжен до напряжения 8 В (плюс на правой по схеме обкладке).

При установке переключателя SA1 в любое крайнее положение на вход 1 DD1.4 через лампы HL1—HL4 и резистор R5 приходит лог.0, триггер переключается в положение, при котором на выходе DD1.2 лог.0, на выходе DD1.3 появляется лог.1, включаются транзисторы VT1, VT2, реле K1. Замкнувшиеся контакты K1 включают лампы указателя поворотов HL1 и HL2 или HL3 и HL4. Ток, текущий через лампы, создает на резисторе R9 падение напряжения, достаточное для включения транзистора VT3, включается контрольная лампа HL5.

Конденсатор C1 начинает разряжаться через резистор R2, выходное сопротивление элемента DD1.2 (на его выходе лог.0) и входной защитный диод элемента DD1.1. Когда ток разряда C1 станет меньше тока через резистор R1, напряжение на входах DD1.1 начнет повышаться. Когда оно достигнет порога включения DD1.1, произойдет переключение всех элементов генератора, транзисторы и реле выключатся. Через резистор R2 и конденсатор C1 на входы элемента DD1.2 поступит лог.1, через резистор R1 потечет ток, перезаряжающий конденсатор C1 в сторону уменьшения напряжения на входах DD1.1. Когда оно достигнет порога переключения элемента, вновь произойдет переключение всех элементов генератора, транзисторы и лампы включатся и т. д.

Если переключатель SA1 установить в нейтральное положение в момент, когда лампы выключены, на входах DD1.4 совпадут две лог.1, лог.0 с выхода этого элемента поступит на вход 5 DD1.2 и запретит дальнейшую работу генератора. Если переключатель выключить в момент, когда лампы включены (на входе 2 DD1.4 лог.0), совпадения на входах не произойдет, и генератор сформирует последний импульс полной длительности, после чего лог.0 с выхода DD1.4 запретит работу генератора. Лампы, однако, выключатся сразу.

Контроль исправности ламп осуществляется транзистором VT3. При двух исправных лампах падение напряжения на резисторе R9 достаточно для включения транзистора VT3, контрольная лампа HL5 включается в такт с лампами указателя поворотов. Если одна из ламп перегорит, падение напряжения становится недостаточным, транзистор VT3 и лампа HL5 не включаются.

Резистор R2 служит для ограничения тока перезаряда конденсатора C1 и напряжения на входе элемента DD1.1. Резистор R10 ограничивает ток базы транзистора VT3.

В устройстве применены резисторы МЛТ, конденсаторы КМ-6. Стабилитрон КС182Е может быть заменен на любой стабилитрон с напряжением стабилизации 7...10 В. Вместо транзистора КТ315Г можно использовать практически любой маломощный кремниевый транзистор структуры n-p-n. Транзистор VT2 — любой кремниевый транзистор той же структуры с допустимым током коллектора не менее рабочего тока реле K1. В качестве VT3 можно использовать любой транзистор серий КТ814, КТ816, КТ818 с коэффициентом пере-

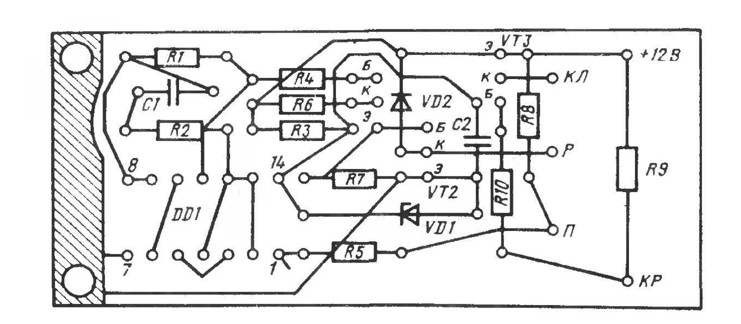


Рис.228. Печатная плата прерывателя

дачи тока базы не менее 100. Микросхему К176ЛА7 можно заменить на К561ЛА7 или КР1561ЛА7.

Резистор R9 — проволочный, изготовлен из отрезка провода диаметром 1 мм с высоким удельным сопротивлением. Длина отрезка подбирается при настройке.

Реле K1 типа ТКЕ52ПД, его нормально замкнутые контакты подогнуты, а пружина ослаблена, что обеспечило надежное срабатывание реле при напряжении 8 В. Использованные нормально разомкнутые контакты соединены параллельно. Возможно использование и других реле, рассчитанных на рабочее напряжение 12 В и ток контактов до 10 А, например реле из прерывателя указателя поворотов РС950 или автомобильное реле сигналов РС503.

Все детали прерывателя, за исключением реле, смонтированы на печатной плате с размерами 27,5х65 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис.228). Печатная плата и реле установлены в металлический корпус вместе с блоком электронного зажигания и отделены от него латунным экраном.

Настройка прерывателя сводится к установке необходимой частоты включения ламп подбором конденсатора C1 или резистора R1 и подбору длины провода резистора R9. Вначале длину провода следует взять такой, чтобы его сопротивление было 0,3...0,35 Ом. Устройство подключить к источнику питания, а между точкой П и минусом источника питания включить одну лампу указателей поворотов. Левый по схеме вывод резистора R10 следует отпаять от печатной платы, к выводу подпаять гибкий проводник. Передвигая этот проводник по проводу резистора R9, следует определить его длину, при которой зажигается лампа HL5. Для резистора R9 следует использовать провод с длиной 0,75 от длины, определенной таким способом. Если сопротивление подобранного резистора

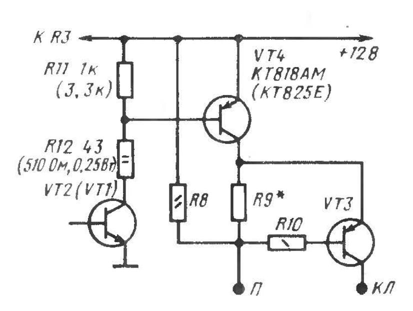


Рис.229. Замена реле на транзисторы

окажется несколько меньше необходимого и не обеспечит включения контрольной лампы при двух лампах указателя поворотов, можно между базой транзистора VT3 и общим проводом включить резистор сопротивлением несколько килоом.

Применив любой транзистор серии КТ818, можно исключить из устройства электромагнитное реле (рис.229). Коэффициент передачи тока базы этого транзистора при токе коллектора 10 А должен быть не менее 40. Если же применить любой транзистор серии КТ825, можно исключить еще и транзистор VT2, резисторы R6 и R7. Номиналы элементов и их типы для этого случая приведены на рис.229 в скобках. Транзистор VT4 должен быть установлен на небольшой радиатор или через слюдяную прокладку на корпус прерывателя.

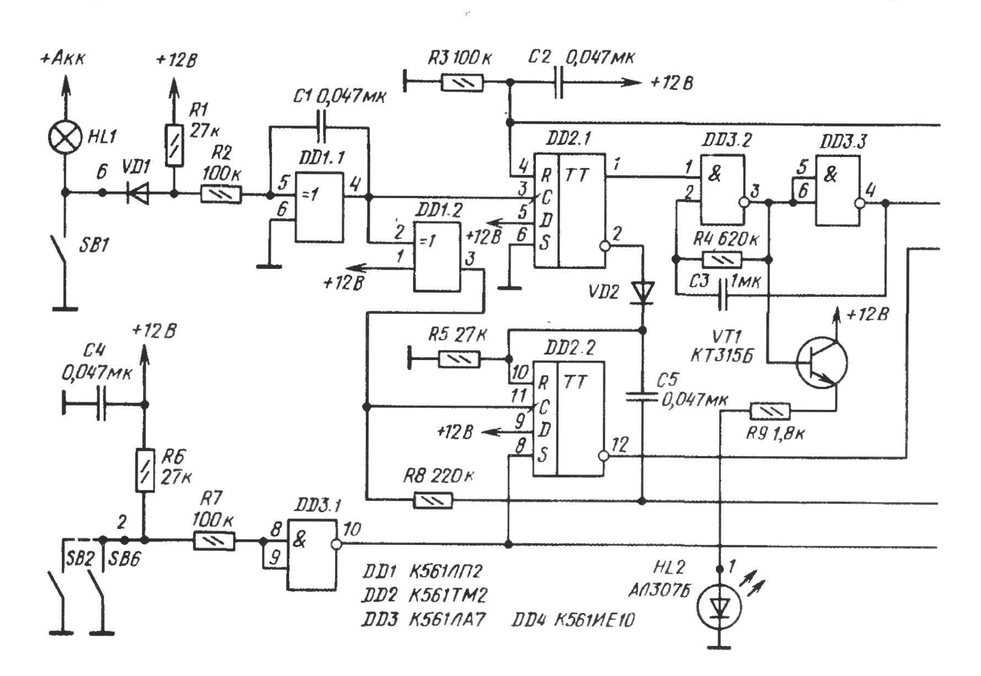
В автомобиле напряжение +12 В подается на прерыватель от ключа зажигания. При наличии включателя аварийной сигнализации он должен подавать напряжение +12 В на прерыватель мимо ключа зажигания и соединять все три вывода переключателя SA1 между собой.

5.2. АВТОСТОРОЖ НА ЧЕТЫРЕХ МИКРОСХЕМАХ

Описываемый автосторож выполнен на четырех микросхемах серии К561, что определяет его высокую экономичность, и имеет некоторые эксплуатационные удобства, отсутствующие в других конструкциях. Переход в дежурный режим происходит при закрывании двери водителя, а не по времени, как во многих других устройствах, звуковой сигнал имеет характерное звучание, позволяющее хозяину легко отличить сигнал именно своего автомобиля. Автосторож имеет светодиодный индикатор режима работы и переключатель режима звучания сигнала. В длительном режиме сигнал звучит до выключения питания, в кратковременном — ограниченное время. При повторной попытке вскрытия автомобиля в кратковременном режиме сигнал звучит в два раза дольше, чем при первой, при третьей — в шесть раз. Схема устройства обладает некоторой гибкостью в отношении выбора задержки срабатывания после открывания двери, длительности звучания сигнала, временного рисунка звучания сигнала. В автостороже все временные соотношения определяются одним генератором с конденсатором относительно небольшой емкости (оксидные конденсаторы не используются).

Принципиальная схема автосторожа приведена на рис.230. На схеме также показаны контакты двери водителя SB1, других дверей, капота и багажника SB2—SB6, выключатель питания SA1, переключатель режима SA2, лампа плафона HL1, светодиод индикации режима работы HL2, реле сигнала K1. Подключение автосторожа к элементам, установленным вне его корпуса, осуществляется через контакты, изображенные на рис.230 точками с номерами 1 — 7.

При включении питания короткий импульс с дифференцирующей цепочки R3 C2 устанавливает триггер DD2.1 и счетчик DD4.2 в нулевое состояние. Логическая.1 с инверсного выхода триггера DD2.1 через диод VD2 сбрасывает триггер DD2.2, а лог.1 с инверсного выхода этого триггера устанавливает счетчик DD4.1 в нулевое состояние. Логический 0 с прямого выхода триггера DD2.1 запрещает работу генератора DD3.2, DD3.3, светодиод HL2 светится непрерывно, индицируя подачу питания на устройство.



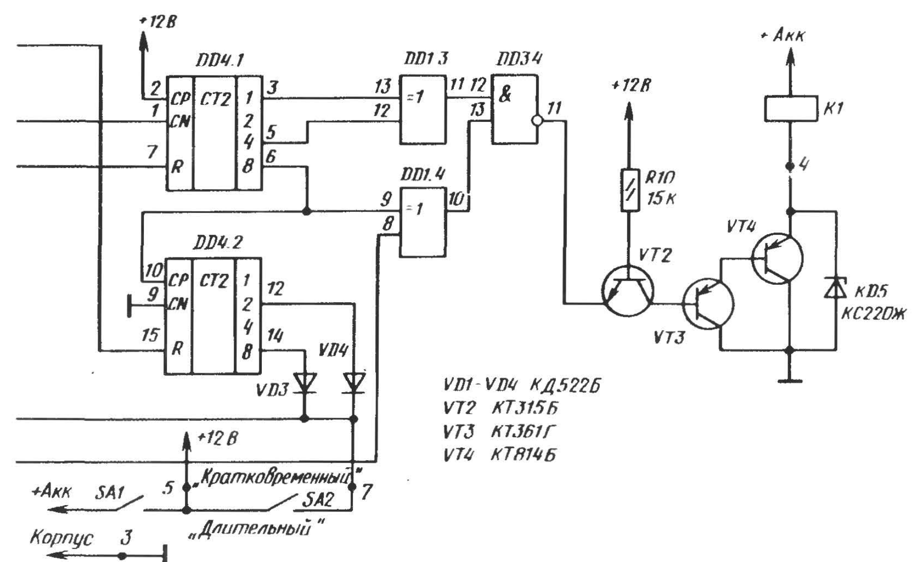


Рис.230. Принципиальная схема автосторожа

При открывании двери водителя замыкаются контакты SB1, через цепь подавления дребезга R2 DD1.1 C1 и инвертор DD1.2 на тактовый вход C триггера DD2.2 поступает положительный перепад, но он не вызывает срабатывания триггера, так как тот удерживается в нулевом состоянии сигналом с инверсного выхода триггера DD2.1. При закрывании двери положительный перепад поступает на вход C триггера DD2.1 и устанавливает его в единичное состояние, так как на его входе D лог.1. Логическая 1 с прямого выхода триггера DD2.1 разрешает работу генератора, светодиод HL2 начинает мигать, индицируя переход автосторожа в дежурный режим. Счетчик DD4.1 не считает, так как на его вход R поступает лог.1 с инверсного выхода триггера DD2.2. Потребляемый устройством ток определяется в основном светодиодом HL2 и в среднем составляет около 3 мА.

Теперь при открывании двери водителя триггер DD2.2 устанавливается в единичное состояние, и лог.0 с его инверсного выхода разрешает работу счетчика DD4.1. Сигналы с выходов 1 и 4 счетчика поступают на сумматор по модулю 2 DD1.3, на выходе которого формируется сигнал в соответствии с временной диаграммой рис.231. Если устройство не выключить, через 6 с на выходе 8 счетчика DD4.1 появится лог.1, она пройдет через элемент DD1.4 и разрешит прохождение сигнала с выхода DD1.3 через DD3.4 на выходной ключ VT2—VT4. Транзисторы включаются и выключаются одновременно и соединяют с общим проводом нижний по схеме вывод обмотки реле сигнала K1, звучит тревожный сигнал. Последовательность звуковых сигналов такова: точка—тире—точка, причем тире длиннее точки в два раза. Такие серии будут повторяться с интервалами между ними 7,5 с. Если дверь закрыть, то при указанном на схеме рис.230 положении контактов переключателя SA1 (кратковременный режим) через 24 с, т.е. после выдачи двух таких серий, появившаяся на выходе 2 счетчика DD4.2 лог.1, пройдя через диод VD4 и продифференцировавшись цепью C5 R5, сбросит триггер DD2.2 в исходное состояние, автосторож перейдет в дежурный режим.

Если теперь снова открыть дверь и не выключить автосторож, через 6 с зазвучит сигнал, но, так как счетчик DD4.2 не установлен в

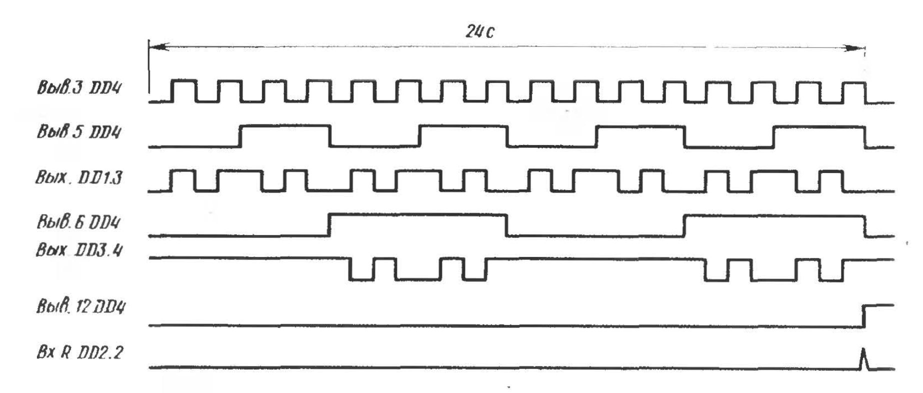


Рис.231. Временная диаграмма генерации тревожного сигнала

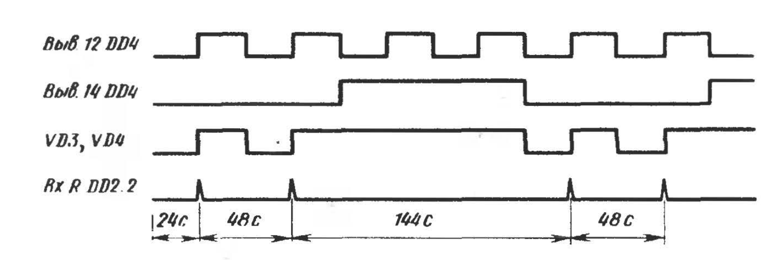


Рис.232. Временная диаграмма работы автосторожа

нулевое состояние, лог.1 на выходе 2 счетчика DD4.2 появится только через 48 с (рис.232), и сигнал будет звучать в два раза дольше, будет выдано четыре серии тире—точка—тире.

При третьей попытке вскрытия автомобиля положительный перепад в точке соединения диодов VD3 и VD4 появится только через 144 с, поэтому будет выдано 12 серий тире—точка—тире. При последующих попытках поочередно будет выдаваться по 4 и 12 серий.

Если дверь останется открытой, диоды VD3 и VD4 будут закрыты сигналом лог.1, поступающим на их катоды с выхода цепи подавления дребезга через резистор R8, и серии сигналов с указанными интервалами будут звучать до выключения автосторожа.

Если контакты переключателя SA2 замкнуты (длительный режим), диоды VD3 и VD4 закрыты и серии сигналов звучат до выключения устройства.

Если в дежурном режиме будет открыта любая другая дверь, кроме двери водителя, капот или багажник, замкнутся контакты одной из кнопок SB2—SB6, лог.1 с выхода инвертора DD3.1 переключит триггер DD2.2 и разрешит работу счетчика DD4.1. Сигнал, сформированный на выходе DD1.3, через элемент DD3.4 поступит на выходной ключ, так как на второй вход этого элемента через элемент DD1.4 поступает лог.1 с выхода DD3.1. Звуковой сигнал начинает звучать практически без задержки. Так же как и при открывании двери водителя, звуковой сигнал будет звучать сериями точка-тире-точка, только теперь лог.0 на выходе 8 DD4.1 соответствует подача сигнала, лог.1 — пауза. Если дверь, капот или багажник будут закрыты, дальнейшее поведение автосторожа будет таким же, как и при открывании и закрывании двери водителя.

Автосторож собран на двухсторонней печатной плате из стеклотекстолита размерами 45x50 мм. На рис.233,*а* показаны сторона установки элементов и их расстановка, на рис.233,*б* — противоположная сторона. В качестве контактов 1—7 использованы штырьки диаметром 1 мм от разъемов 2РМ.

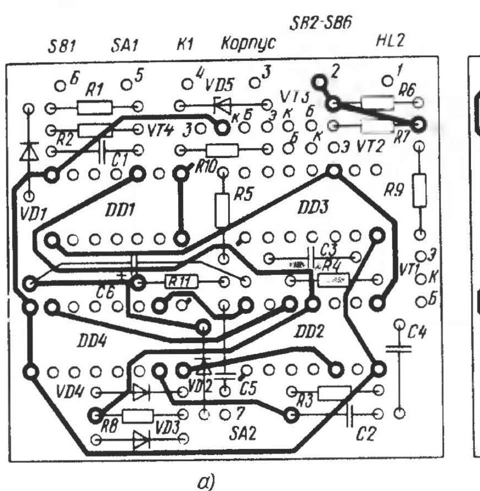
В автосторожe использованы резисторы МТ—0,125, конденсаторы КМ-5 и КМ-6(С3). В качестве VD1—VD4 можно использовать любые кремниевые маломощные диоды, подходящие по габаритным размерам, например КД503, КД509, КД510, КД521, КД522 с любым буквенным индексом. Транзисторы VT1—VT3 — кремниевые мало-

мощные соответствующей структуры, например КТ306, КТ312, КТ316, КТ342, КТ3102 (VT1, VT2), КТ203, КТ209, КТ313, КТ326, КТ361, КТ3107, КТ3108 (VT3), в качестве VT4 можно использовать любой транзистор структуры p-n-p средней или большой мощности, например КТ626, КТ814, КТ816, КТ818, КТ837. Все транзисторы могут быть с любым буквенным индексом. В качестве VD5 можно использовать любой стабилитрон на напряжение 18...30 В, можно также вместо него использовать диод средней мощности, например Д226, КД105, подключив его параллельно обмотке реле сигнала К1 анодом к нижнему по схеме выводу.

Собранный правильно и из исправных деталей автосторож не требует настройки. Для проверки работоспособности автосторожа без его установки на автомобиль к нему следует подключить вместо контактов SB1 и SB2 кнопки или микропереключатели, светодиод HL2, вместо реле сигнала К1 — любой светодиод с последовательно включенным резистором 1...2 кОм. При необходимости временные интервалы можно уточнить подбором резистора R4, а временной рисунок звучания сигнала или длительность звучания изменить, подключая входы элементов DD1.3 и DD1.4 и диоды VD3,VD4 к различным выходам счетчиков DD4.1 и DD4.2.

Светодиод HL2 установлен внутри салона перед ветровым стеклом, и его мигание служит индикатором включения автосторожа как для владельца автомобиля, так и для угонщика. Для того чтобы владельцу проконтролировать включение сторожа в солнечную погоду, когда свечение светодиода незаметно, целесообразно на приборной доске или под ней установить еще один светодиод, соединив его последовательно с HL2.

Выключатель SA1 должен быть установлен в потайном месте автомобиля, однако доступном с места водителя. Таких мест немного, поэтому более надежными являются включение и выключение авто-



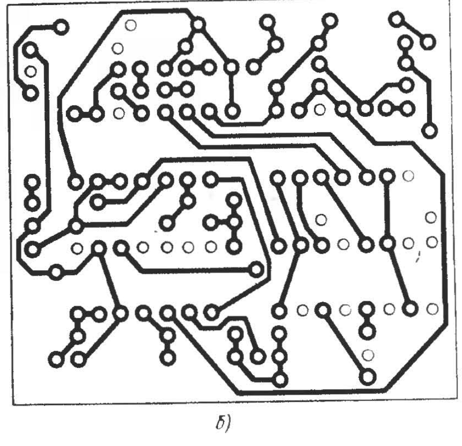


Рис.233. Печатная плата автосторожа:
а — со сторон установки микросхем; *б* — с противоположной стороны

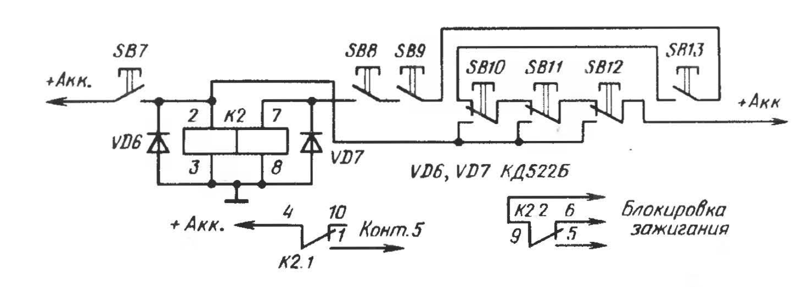


Рис.234. Включение автосторожа при помощи дистанционного переключателя

сторожа при помощи дистанционного переключателя, например РПС-20. Включение автосторожа при этом производится кнопкой, расположенной открыто в любом удобном месте, выключение — простейшим "кодовым замком", состоящим из нескольких кнопок, расположенных так, что набираемый код не виден постороннему, например под приборной панелью. Вариант схемы включения сторожа при помощи дистанционного переключателя приведен на рис.234. При нажатии кнопки SB7 подается напряжение на обмотку 2—3 дистанционного переключателя К2, замыкаются контакты 4 и 1 контактной группы К2.1, подается питание на автосторож.

Для выключения автосторожа необходимо нажать одновременно кнопки SB8, SB9, SB13. При нажатии трех кнопок в любом другом сочетании, или большего числа кнопок, или любой из кнопок SB10—SB12 автосторож не выключится, а если он не был включен, то включится. Последнее свойство "кодового замка" позволяет обойтись без кнопки SB7, но удобнее иметь открыто расположенную кнопку включения, чтобы не раскрывать место расположения кнопок выключения. Естественно, что кнопки выключения можно соединить и по-иному. Дистанционный переключатель РПС-20 должен быть на рабочее напряжение 12 В, паспорт РС4.521.752. Его можно установить на той же печатной плате плашмя, увеличив размеры платы до 50x75 мм.

Если в автомобиле к выключателям SB2—SB6 подключен второй плафон, между контактом 2 и точкой соединения резисторов R6 и R7 следует включить диод подобно VD1.

Если автосторож необходимо установить в автомобиль ГАЗ-24 "Волга", в котором выключатель SB1 подключен к плюсу аккумулятора, а лампа плафона — к корпусу, необходимо вход С триггера DD2.1 подключить к выходу DD1.2, а вход С DD2.2 и левый по схеме вывод резистора R8 — к выходу DD1.1.

Датчик качания автомобиля можно подключить параллельно контактам SB1, однако в момент закрывания двери водителя из-за вибрации датчика может зазвучать тревожный сигнал. Чтобы исключить это, автосторож следует дополнить цепью задержки триггера DD2.2 в нулевом состоянии после закрывания двери водителя в соответствии с рис.235. На печатной плате дополнительные элементы разведены, при отсутствии датчика вместо одного из них следует ус-

тановить перемычку. При указанных номиналах задержка выхода автосторожа на дежурный режим после закрывания двери водителя составит около 18 с, что вполне достаточно для успокоения датчика.

Если необходимо контролировать нормально замкнутую цепь, например разъема прицепа, можно воспользоваться схемой доработки в соответствии с рис.236.

При пользовании автосторожем следует помнить, что если к контакту 6 подключен только выключатель двери водителя, то после включения автосторожа эту дверь можно открывать только один раз и эта дверь должна быть закрыта последней. Если же к этому контакту подключить выключатели нескольких дверей, то можно открывать и закрывать их в произвольном порядке, лишь бы в любой момент после открывания первой двери хотя бы одна дверь была открыта, в момент закрывания последней двери сторож перейдет в дежурный режим.

Если после попытки вскрытия автомобиля и включения тревожного сигнала дверь или капот останутся открытыми, независимо от состояния переключателя SA2 сигнал будет звучать до вмешательства хозяина, что раздражает жителей близлежащих домов. Для того чтобы в кратковременном режиме сигнал прекращался независимо от состояния дверей, капота и багажника, автосторож необходимо дополнить дифференцирующей цепью (рис.237), а левый по схеме вывод резистора R8 подключить к общему проводу. При такой доработке автосторож остается чувствительным к открыванию багажника при открытой двери или к открыванию двери при открытом багажнике. Однако автосторож не почувствует включения еще одного датчика из группы параллельно соединенных датчиков, если хотя бы один в этой группе находится во включенном состоянии.

Поэтому, чтобы в любом режиме независимо от состояния датчиков двери, капота и багажника автосторож оставался чувствительным к сигналу датчика вибрации, его необходимо подключить в соответствии с рис.238. В результате при первом же замыкании контактов маятникового датчика из-за дребезга на вход С триггера DD2.2 пройдет несколько импульсов и триггер переключится в единичное состояние, что с задержкой в 6 с вызовет тревожный сигнал.

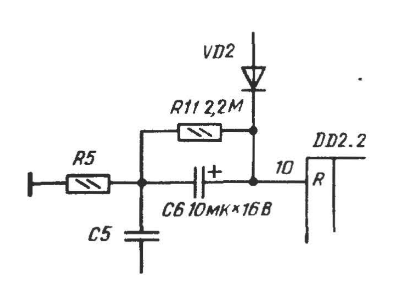


Рис.235. Доработка для подключения маятникового датчика

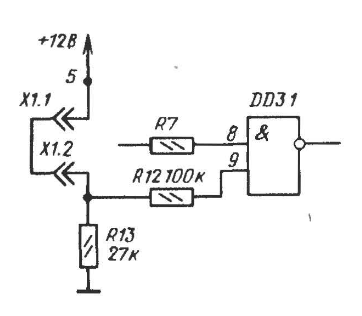


Рис.236. Схема контроля нормально замкнутой цепи

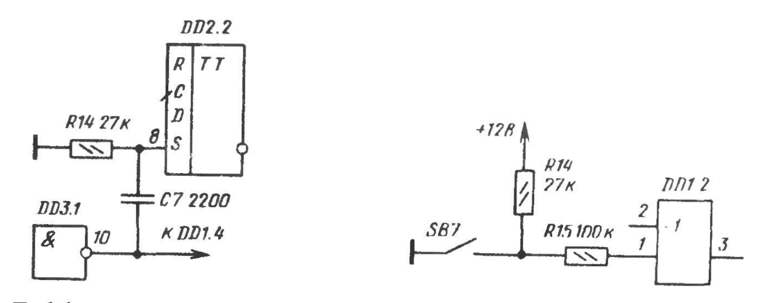


Рис.237. Дифференцирующая цепочка

Рис.238. Подключение маятникового датчика

Если выключатель SA2 установлен далеко от автосторожа, возможен сброс триггера DD2.2 при включении звукового сигнала. Для того чтобы этого не происходило, необходимо между контактом 7 и общим проводом или параллельно резистору R5 подключить конденсатор 6800...10000 пФ.

5.3. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОСТОРОЖА "СЮРПРИЗ"

Одним из московских предприятий выпускается автосторож "Сюрприз", близкий по параметрам к описанной конструкции.

Автосторож выполнен на пяти микросхемах серии K561 и четырех транзисторах. Устройство имеет переключатель режимов, позволяющий выбрать или однократную подачу серии звуковых сигналов (кратковременный режим) после обнаружения попытки вскрытия автомобиля и прекращения такой попытки (дверь открыли и тут же закрыли), или многократную подачу серий звуковых сигналов после срабатывания датчика до момента выключения автосторожа независимо от дальнейших действий злоумышленника. Устройство имеет входы как для подключения нормально разомкнутых контактов датчиков (двери, капот, багажник, к этим же входам можно подключить инерционный (маятниковый) датчик вибрации автомобиля), так и для нормально замкнутых контактов (защита стекол, контроль стыковки разъема прицепа).

Тревожный сигнал подается сериями из восьми посылок длительностью 0,75 с с такими же интервалами между ними, паузы между сериями составляют 12 с. Это повышает экономичность устройства.

В паспорте автосторожа отсутствует принципиальная схема устройства, ремонт и какие-либо доработки затруднены, поэтому на рис.239 приведена его схема, на рис. 240 — расстановка элементов. На схеме рис.239 показаны также контакты датчиков SB1—SB5, выключатель питания SA1, переключатель режима SA2, лампа плафона HL1, реле сигнала K1. Подключение автосторожа к элементам, установленным вне его корпуса, осуществляется через контакты и проводники, изображенные на рис.245 точками с номерами 1—9.

При включении питания разряженный конденсатор C2 устанавливает триггер DD2.3, DD2.4 в исходное состояние, при котором на выходе DD2.3 лог.1.

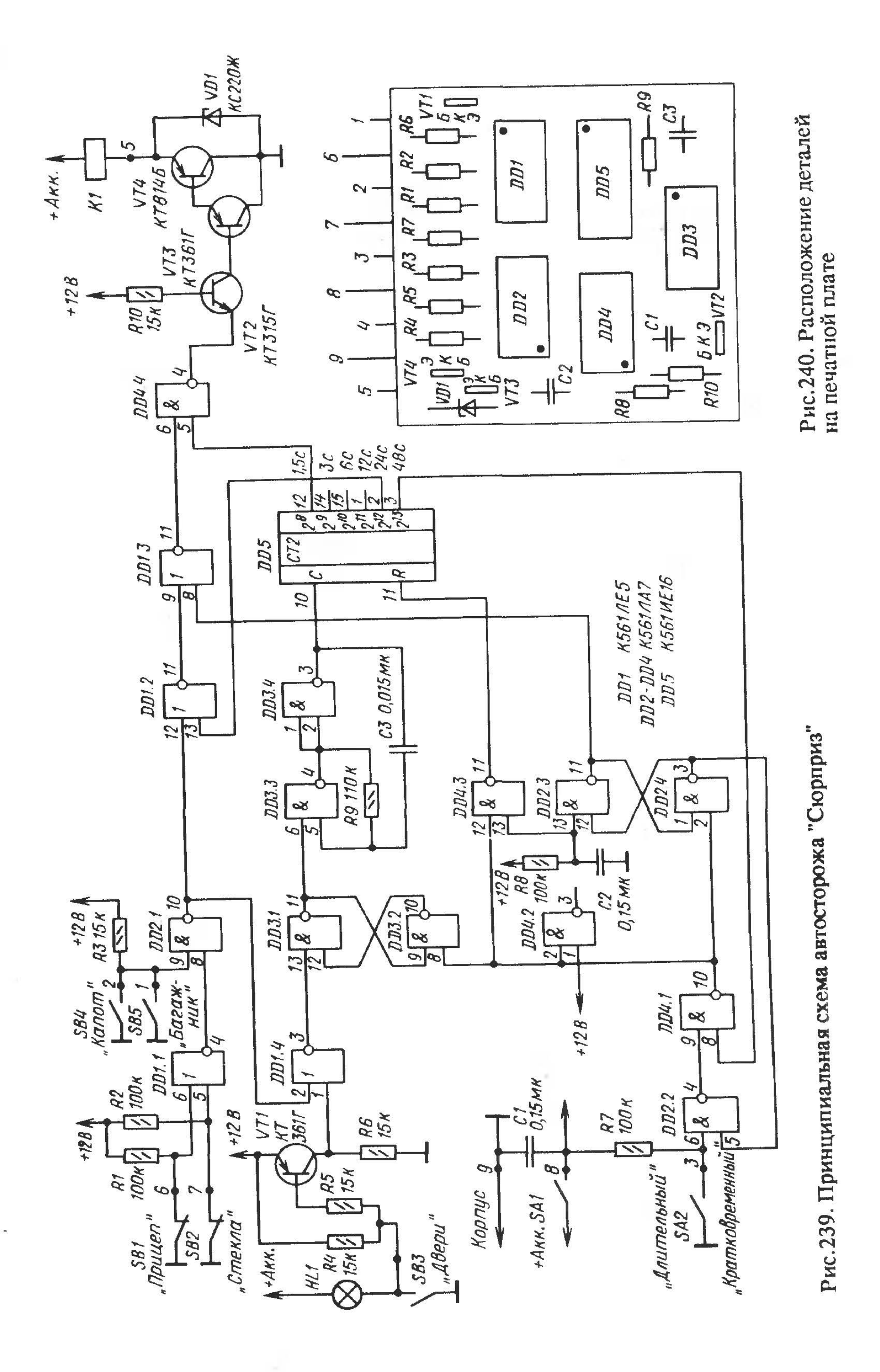


Рис.239. Принципиальная схема автосторожа "Сюрприз"

Рис.240. Расположение деталей на печатной плате

Короткий импульс положительной полярности с выхода элемента DD4.3 устанавливает многоразрядный счетчик DD5 в нулевое состояние. За счет задержек в длинной логической цепочке DD1.1, DD2.1, DD1.4 и емкости проводников, подключенных ко входу 9 элемента DD2.1, формируется короткий импульс, устанавливающий триггер DD3.1, DD3.2 в исходное состояние, при котором на выходе элемента DD3.1 лог.1, разрешающая работу генератора DD3.3, DD3.4. С этого момента начинается отсчет интервала времени 24 с, в течение которого водитель должен выйти из автомобиля и закрыть двери. На выводах 12, 2 и 3 микросхемы DD5 появляются импульсы с периодом 1,5, 24 и 48 с. Импульсы с периодом 1,5 с с вывода 12 DD5 не проходят через элемент DD4.4 на выход устройства, так как на входе 6 DD4.4 лог.0. Через 24 с на выводе 3 микросхемы DD5 появляется лог.1, а так как на выходе DD2.4 лог.0, на входе 9 DD4.1 также лог.1, в результате чего лог.0 с выхода DD4.1 переключает триггеры DD3.1, DD3.2 и DD2.3, DD2.4 в противоположные состояния. Логический 0 с выхода DD3.1 запрещает работу генератора DD3.3, DD3.4, а лог.1 с выхода DD4.3 устанавливает счетчик DD5 в нулевое состояние. Логическая 1 на выводе 3 DD5 сменяется на лог.0, на выходе DD4.1 — на лог.1. Автосторож переходит в дежурный режим, потребление тока от аккумулятора минимально и практически определяется током через резисторы R1 и R2, а также R7, если переключатель "Режим" находится в замкнутом состоянии.

При открывании любой из дверей замыкаются контакты SB3 и на вход 1 DD1.4 подается лог.1. С выхода DD1.4 лог.0 поступает на триггер DD3.1, DD3.2 и переключает его. Логическая 1 с выхода DD3.1 разрешает работу генератора DD3.3, DD3.4, и счетчик DD5 начинает подсчитывать импульсы генератора. Через 12 с, если автосторож не будет выключен за это время, на выводе 2 DD5 появится лог.1 и импульсы с периодом 1,5 с с вывода 12 DD5 начнут проходить через DD4.4 на выходной ключ VT2—VT4 устройства. Транзисторы включаются и выключаются одновременно и соединяют с общим проводом нижний по схеме вывод обмотки реле сигнала K1, звучит тревожный сигнал.

Если переключатель SA2 находится в указанном на схеме положении (режим "Длительный"), на выходах 5 и 6 элемента DD2.2 лог.1, на входе элемента DD2.2 лог.0, на входе 9 DD4.1 лог.1, поэтому, если дверь после открывания будет закрыта, спустя 24 с после открывания на выводе 3 DD5 появится лог.1, на выходе DD4.1 — лог.0, триггеры переключатся в исходное состояние и автосторож перейдет в дежурный режим.

Если в дежурном режиме разомкнутся контакты SB1 или SB2 (прицеп и стекла) или замкнутся контакты SB4 или SB5 (капот и багажник), то так же, как и при открывании двери, переключится триггер DD3.1, DD3.2, начнется работа генератора и счетчика. Логическая 1 с выхода DD2.1 обеспечит лог.0 на выходе DD1.2, лог.0 с выхода DD2.3 разрешит прохождение импульсов с вывода 12 счетчика DD5 через элемент DD4.4 на выход устройства, и через 0,75 с зазвучит первый сигнал. Сигналы будут подаваться до тех пор, пока существует причина (замкнуты или разомкнуты соответствующие кон-

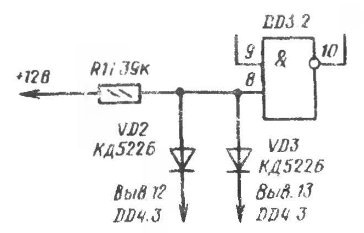


Рис.241. Дополнительный вход триггера

такты). При исчезновении причины поведение автосторожа аналогично описанному выше поведению при открывании дверей.

Если капот или багажник открыть и тут же закрыть, зазвучит сигнал и сразу прекратится, но триггер DD3.1, DD3.2 переключится, и через 12 с сигналы возобновятся так же, как и в случае с открыванием двери. Если капот или багажник открыты, сигнал звучит посылками в 0,75 с с такими же паузами без формирования серий.

Автосторож обладает одним недостатком, который необходимо устранить. Если контакты SB3 включают плафон в автомобиле, то при выключенном автосторожe, закрытых дверях и разомкнутых контактах SB3 через лампу HL1, резистор R4 от аккумулятора поступает напряжение питания на автосторож. Из-за того, что напряжение питания может быть существенно ниже номинального, работа автосторожа происходит нечетко и непредсказуемо. Для исключения такого режима между контактом 4 и точкой соединения резисторов R4 и R5 следует включить маломощный кремниевый диод (например, КД522Б) катодом к контакту 4.

Некоторым недостатком автосторожа является то, что отсчет времени, в течение которого можно выйти из автомобиля (24 с), начинается в момент включения питания. Несложно сделать так, чтобы отсчет начался при открывании двери. Для этого у триггера DD3.1, DD3.2 необходим дополнительный вход установки в состояние, при котором работа генератора запрещена. Это проще всего сделать при помощи двух диодов и резистора (рис.241). В этом случае после подачи питания дифференцирующая цепь R8 C2 устанавливает триггер DD3.1, DD3.2 в указанное состояние и генератор и счетчик не работают.

Сторож находится в таком состоянии до открывания любой из дверей. В момент открывания двери триггер DD3.1, DD3.2 переключается, начинаются работа генератора и счетчика и отсчет времени 24 с. Такая доработка позволит включать автосторож заранее скрытно при подъезде к месту стоянки.

Тревожный сигнал автосторожа при открывании дверей, как описывалось выше, звучит сериями из восьми посылок с длительностью 0,75 с с такими же интервалами между посылками. Несложно обеспечить другой временной рисунок подачи сигнала. Например, если импульсы с периодом 1,5 и 6 с пропустить через элемент ИЛИ (рис.242,*а*), сигнал будет звучать как точка—тире—точка—тире, причем тире длиннее точки в 5 раз (рис.242,*б*). Если инвертировать импульсы с периодом 1,5 с при помощи неиспользуемого в основной схеме инвертора DD4.2 (рис.243,*а*), сигнал будет звучать как точка-три тире—укороченное тире (рис.243,*б*). Такой рисунок достаточно характерен и позволит хозяину отреагировать лишь на сигналы своего автомобиля, кроме того, при такой доработке сигнал при открывании капота или багажника начинает звучать без задержки в 0,75 с.

Дополнительные радиоэлементы удобно разместить на плате со стороны, противоположной стороне установки микросхем, перерезав соответствующие проводники. Входы неиспользуемого элемента DD4.2 подключены к плюсу питания и к выходу DD4.1. Для инвертирования импульсов с периодом 1,5 с вход 1 этого элемента следует отключить от шины питания, вход 2 отключать от выхода DD4.1 не нужно.

Если вход 13 элемента DD1.2 отключить от вывода 2 микросхемы DD5 и подключить к выводу 1, тревожный сигнал начнет звучать через 6 с после открывания двери, а не через 12 с, что уменьшает вероятность обнаружения скрытого выключателя угонщиком, но достаточно для выключения автосторожа хозяином. При такой доработке серии сигналов состоят из четырех посылок с паузами между сериями в 6 с, а в кратковременном режиме выдается две такие серии. При доработке в соответствии с рис.243,*а* сигнал звучит как точка-тире-укороченное тире, через 6 с эта серия повторяется.

Можно разделить цепи выключателя двери водителя и других дверей, подключив выключатели этих дверей параллельно контактам SB4 и SB5. Это обеспечит подачу сигнала без задержки при открывании любой двери, кроме двери водителя. Если же эти выключатели включают лампу плафона, их следует отделить от входа DD2.1 диодом (рис.244). Диод необходим для того, чтобы напряжение питания через лампу плафона не попадало на вход элемента DD2.1 при выключенном питании автосторожа, так как это недопустимо.

Если автосторож нужно установить на автомобиль, где дверные выключатели подключают лампу плафона к плюсу аккумуляторной батареи (ГАЗ-34), придется или поставить новые дверные выключатели, или переработать цепь их подключения в соответствии с рис.245.

Так же как и в первой конструкции, если после попытки вскрытия автомобиля и включения тревожного сигнала дверь или капот останутся открытыми, независимо от состояния переключателя SA2 "Режим" сигнал будет звучать до вмешательства хозяина. Для того чтобы в кратковременном режиме сигнал прекращался независимо от состояния дверей, капота и багажника, автосторож необходимо дополнить двумя дифференцирующими цепями (рис.246). Цепь C4 R13 имитирует закрывание капота через 7 с после открывания, цепь C5 R14 обеспечивает необходимый для переключения триггера DD3.1, DD3.2 короткий импульс при открывании дверей и имитирует их закрывание.

При такой доработке автосторож остается чувствительным к открыванию багажника при открытой двери или к открыванию двери при открытом багажнике.

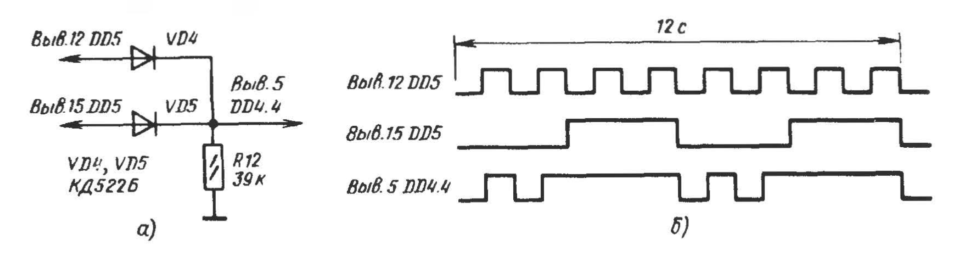


Рис.242. Первый вариант формирования тревожного сигнала

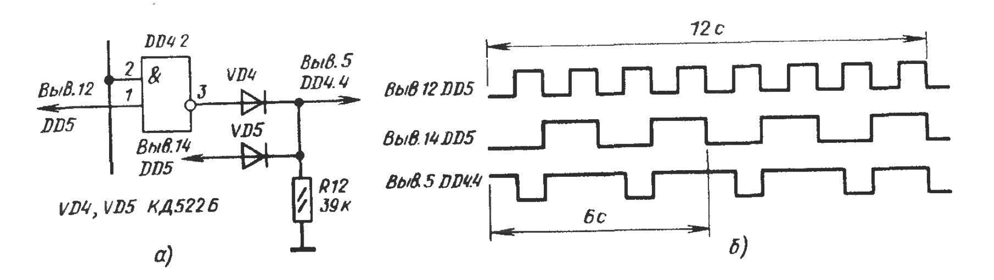


Рис.243. Второй вариант формирования тревожного сигнала

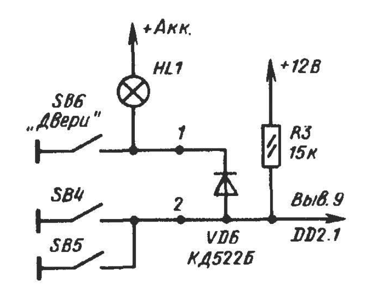


Рис.244. Включение разделительного диода

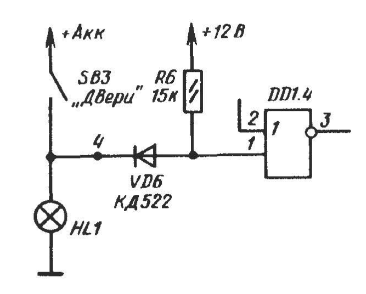


Рис.245. Доработка автосторожа для установки на автомобиль ГАЗ-24

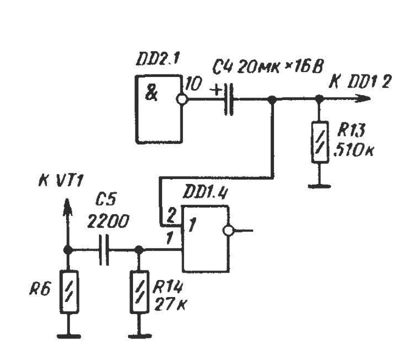


Рис.246. Дополнительные дифференцирующие цепи

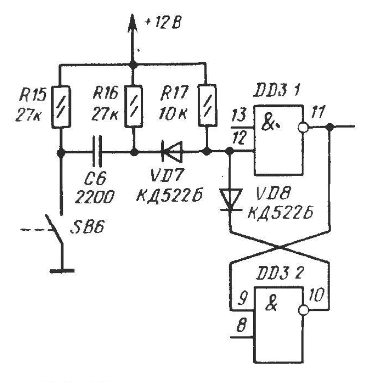


Рис.247. Подключение маятникового датчика

Весьма желательно, чтобы в любом режиме независимо от состояния датчиков двери, капота и багажника автосторож оставался чувствительным к сигналу датчика вибрации. Это условие будет соблюдено при подключении датчика вибрации SB6 в соответствии с рис.247.

Если конструкция датчика гарантирует его разомкнутые контакты в нормальном состоянии, резистор R15 и конденсатор C6 не нужны, датчик можно подключить непосредственно к точке соединения R16 и VD7.

Для увеличения времени звучания сигнала автосторожа в кратковременном режиме можно понизить частоту колебаний задающего генератора, увеличив емкость конденсатора C3 или сопротивление резистора R9, например, в четыре раза.

Для сохранения задержки после открывания двери и временного рисунка сигнала следует использовать другие выходы микросхемы DD5: вместо выхода 2^8 - выход 2^6 (вывод 6), вместо выхода 2^{10} — выход 2^8 (вывод 12), вместо выхода 2^{12} — выход 2^{10} (вывод 16). Вход 8 элемента DD4.1 должен быть, как и сейчас, подключен к выходу 2^{13}. При такой доработке, однако, время выхода в дежурный режим увеличится так же, как и время звучания сигнала, т.е. до 96 с.

6. ФОТОТАЙМЕР

Обычно в цифровых таймерах для фотопечати выдержку набирают в секундах и ее долях, однако более удобной является дискретная установка времени, при которой каждая последующая выдержка отличается от предыдущей примерно на 20 %.

Принципиальная схема фототаймера с дискретной установкой выдержки по указанному закону приведена на рис.248. Он содержит задающий генератор на элементах DD1.1—DD1.3, счетчик DD3—DD6, основной триггер DD2.2, триггер включения звукового сигнала DD2.1 и генератор звукового сигнала DD7.1—DD7.4.

При включении питания импульс с выхода цепи C4 R16 устанавливает триггеры DD2.1 и DD2.2 в нулевое состояние. Реле K1, включающее лампу увеличителя HL3, выключено, генератор звукового сигнала не работает.

Логическая.1 с инверсного выхода основного триггера запрещает работу задающего генератора и устанавливает счетчик DD3—DD6 в 0.

При нажатии на кнопку SB1 "Пуск" на вход S триггера DD2.2 поступает короткий импульс, этот триггер устанавливается в состояние 1. Его выходной сигнал через эмиттерный повторитель VT2 включает реле K1, которое, в свою очередь, включает лампу увеличителя. Одновременно снимается запрет с задающего генератора, начинается счет импульсов в счетчике DD3—DD6. Когда этот счетчик в зависимости от выбранного диапазона отсчитает 10, 100, 1000 или 10000 импульсов, спад положительного выходного импульса счетчика, проинвертированный в элементе DD1.4, переключит триггер DD2.2 в 0, так как на его входе D лог.0. Одновременно сигнал с инверсного выхода DD2.2 установит триггер DD2.1 в 1, так как на входе D этого триггера лог.1.

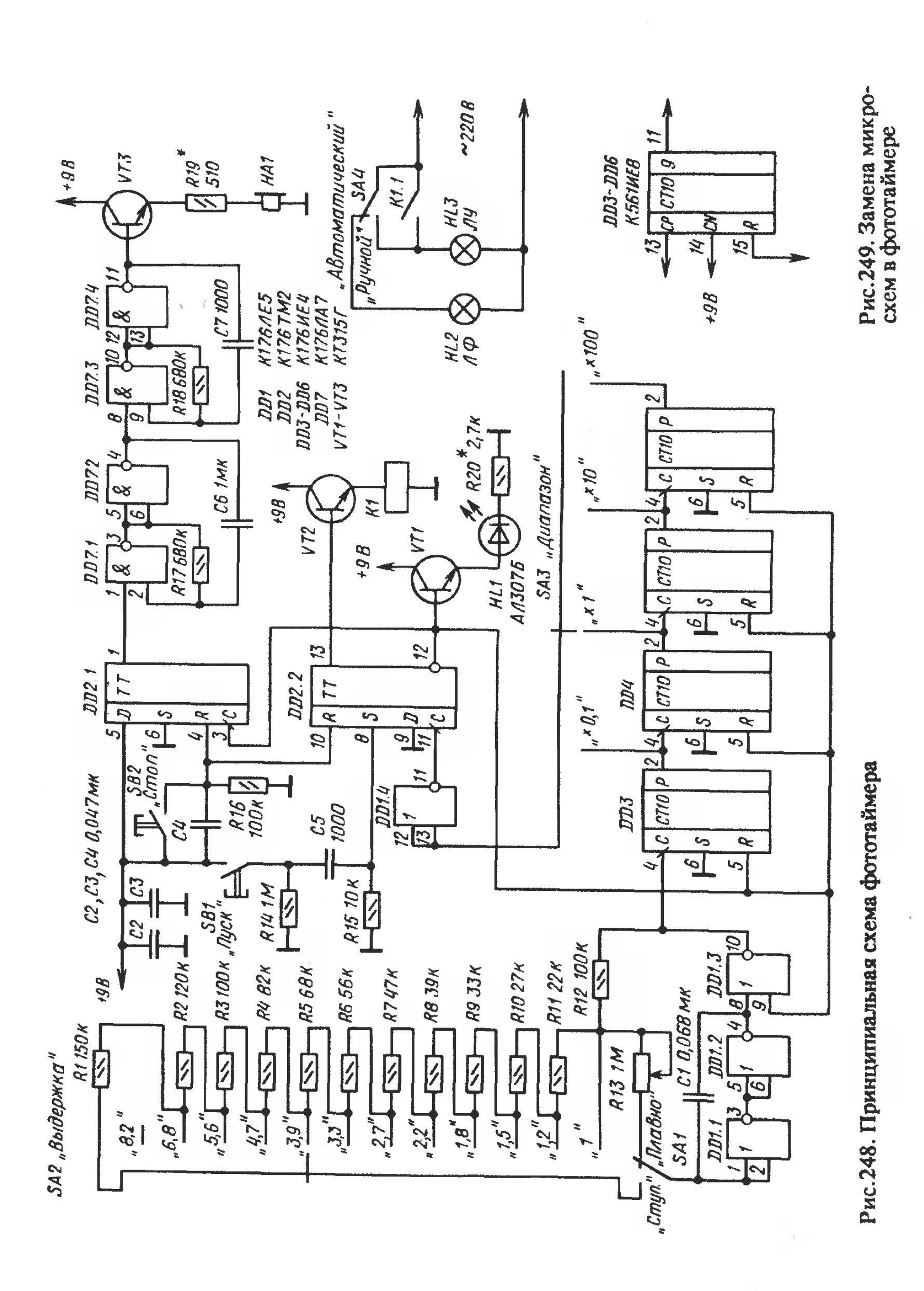


Рис.248. Принципиальная схема фототаймера

Рис.249. Замена микросхем в фототаймере

Переключившийся триггер DD2.2 выключит лампу увеличителя, запретит работу задающего генератора и установит счетчик в 0. Через эмиттерный повторитель VT1 он включит светодиод HL1, индицирующий окончание выдержки.

Триггер DD2.1 сигналом лог.1 со своего прямого выхода включит генератор звукового сигнала на микросхеме DD7. Выключить звучащий сигнал можно кнопкой SB2 "Стоп". Этой же кнопкой можно воспользоваться, чтобы по какой-либо причине прервать формируемую выдержку.

Выдержка определяется частотой задающего генератора и выбранным диапазоном. В свою очередь, частота генератора зависит от суммарного сопротивления резисторов R1—R12 или R13 и емкости конденсатора C1. Сопротивления выбраны из стандартного ряда E12, в этом случае каждая последующая выдержка отличается от предыдущей в среднем в 1,21 раза. В качестве SA2 использован стандартный галетный переключатель на 11 положений с доработанным фиксатором, обеспечивающим 12 положений и круговое вращение. Положение, при котором ни один контакт не замкнут, соответствует верхнему по схеме положению и максимальной выдержке на данном диапазоне, она в 8,2 раза больше минимальной. Для получения следующей выдержки необходимо повернуть ручку переключателя еще на одну позицию и перейти на следующий диапазон.

Выдержка внутри диапазона может быть также установлена плавно резистором R13, если переключатель SA1 установить в правое по схеме положение.

Переключатель SA4 позволяет включить лампу увеличителя для кадрирования и наводки на резкость, при этом лампа красного фонаря выключается. При отработке выдержки красный фонарь не выключается, что позволяет следить за процессом проявления во время печати с плотных негативов.

При изготовлении данной конструкции резисторы R1—R12 необходимо использовать с допуском 5 % (для R6—R12 допустимо 10 %), конденсатор C1 должен быть металлопленочным, в крайнем случае — бумажным. Резисторы R1-R13, переключатель SA2, конденсатор C1 и микросхему DD1 необходимо заэкранировать от влияния рук оператора и сетевых наводок.

Микросхемы можно заменить на аналогичные серии K561, K176ИЕ4 на K176ИЕ8 или K561ИЕ8 (рис.249). Можно добавить между DD5 и DD6 в качестве делителя на 6 одну микросхему K176ИЕ3, в этом случае диапазоны будут такими: 0,1 — 0,82 с, 1 — 8,2 с, 10 — 82 с, 1 — 8,2 мин, 10 — 82 мин, что во многих случаях удобнее.

Транзисторы можно использовать практически любые структуры n-p-n, светодиод — любой видимого излучения. Реле K1 должно надежно срабатывать при напряжении 8 В, если такого реле нет, можно поднять напряжение питания до 12 В при использовании микросхем серии K176 и до 15 В для серии K561.

Настройка таймера сводится к подбору емкости конденсатора C1 на диапазоне x1 для обеспечения выдержки 8,2 с в соответствующем положении переключателя SA2. Кроме того, можно подобрать резисторы R19 и R20 для получения необходимой громкости сигнала и яркости свечения светодиода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бирюков С.А.** Цифровые устройства на интегральных микросхемах. — Изд. 3-е. — М.: Радио и связь, 1991.— 184 с.
2. **Алексеев С.А.** Применение микросхем серии К176// Радио. — 1984.— N4.— С. 25—28; N5.— С. 36—40; N6. — С. 32—35; 1986.— N2. — С. 56—57.
3. **Алексеев С.А.** Применение микросхем серии К561// Радио. — 1986.— N11.— С. 33—36; N12.— С. 42—46; 1987.— N1. — С. 43—45; 1990.— N6. — С. 54—57,60.
4. **Алексеев С.А.** Применение микросхем серии КР1561// Радио.— 1991.— N6.— С. 57—61.
5. **Алексеев С.А.** Применение микросхем серии 564// Радио. — 1992.— N12.— С. 49—52.
6. **Бирюков С.А.** Электронные часы на МОП интегральных микросхемах.— М.: Радио и связь, 1993.— 48 с.
7. **Ланцов А.Л., Зворыкин Л.Н., Осипов И.Ф.** Цифровые устройства на комплементарных МДП интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1983.— 272 с.
8. **Бирюков С.А.** Триггер Шмитта на ИС К176ЛП1// Радио.—1987. — N9.— С. 45.
9. **Егоров И.** О микросхеме К176ИЕ2// Радио.—1989.— N7.— С. 88.
10. **Алексеев С.А.** Формирователи и генераторы на микросхемах структуры КМОП// Радио.— 1985.— N8.— С. 31—34.
11. **Бирюков С.А.** Генераторы и формирователи импульсов на микросхемах КМОП// Радио.—1994.— NX.— С. XX-XX.
12. **Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я.** Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с.
13. **Алешин П.А.** Стабильный одновибратор// Радио.—1993.— N8. — С. 40.
14. **Бирюков С.А.** Реле времени для фотолюбителя// Радио.—1988.— N12.— С. 53—55.
15. **Алешин С.А.** Щуп—частотомер// Радиоежегодник. — 1991.— С. 150—154.
16. **Бирюков С.А.** Портативный цифровой мультиметр// В помощь радиолюбителю.— 1988.— N100.— С. 71—90.
17. **Федорков Б.Г., Телец В.А., Дегтяренко В.П.** Микроэлектронные цифроаналоговые и аналогоцифровые преобразователи. — М.: Радио и связь, 1984.— 118 с.
18. **Бирюков С.А.** Цифровой мультиметр// Радио.—1990.— N9.— С. 55—58.
19. **Бирюков С.А.** Многокомандная система телеуправления// Радио.—1990.— N10.— С.39—43.
20. **Алешин П.А.** Кибернетический планетоход// Радио.—1987. — N2.— С. 49—50.
21. **Бирюков С.А.** Помехоустойчивая система радиоуправления// Радиоежегодник.— 1989.— С. 136—149.
22. **Алешин П.А.** Пульт управления// Радио. — 1990.— N8.— С. 56.
23. **Бирюков С.А.** Усовершенствование автосторожа "Сюрприз" // Радио. — 1993.— N8.— С.34—36.
24. **Бирюков С.А.** Реле времени для фотолюбителя // Радио. — 1988.— N12.— С.53—55.
25. **Бирюков С.А.** Блок питания для "Радио—86РК"// Радио. — 1990.— N7.— С.58—61.
26. **Алешин П.А.** Два источника питания// В помощь радиолюбителю.— 1992.— N115.— С. 44—53.